مشكلات فلسفة العلم (١)

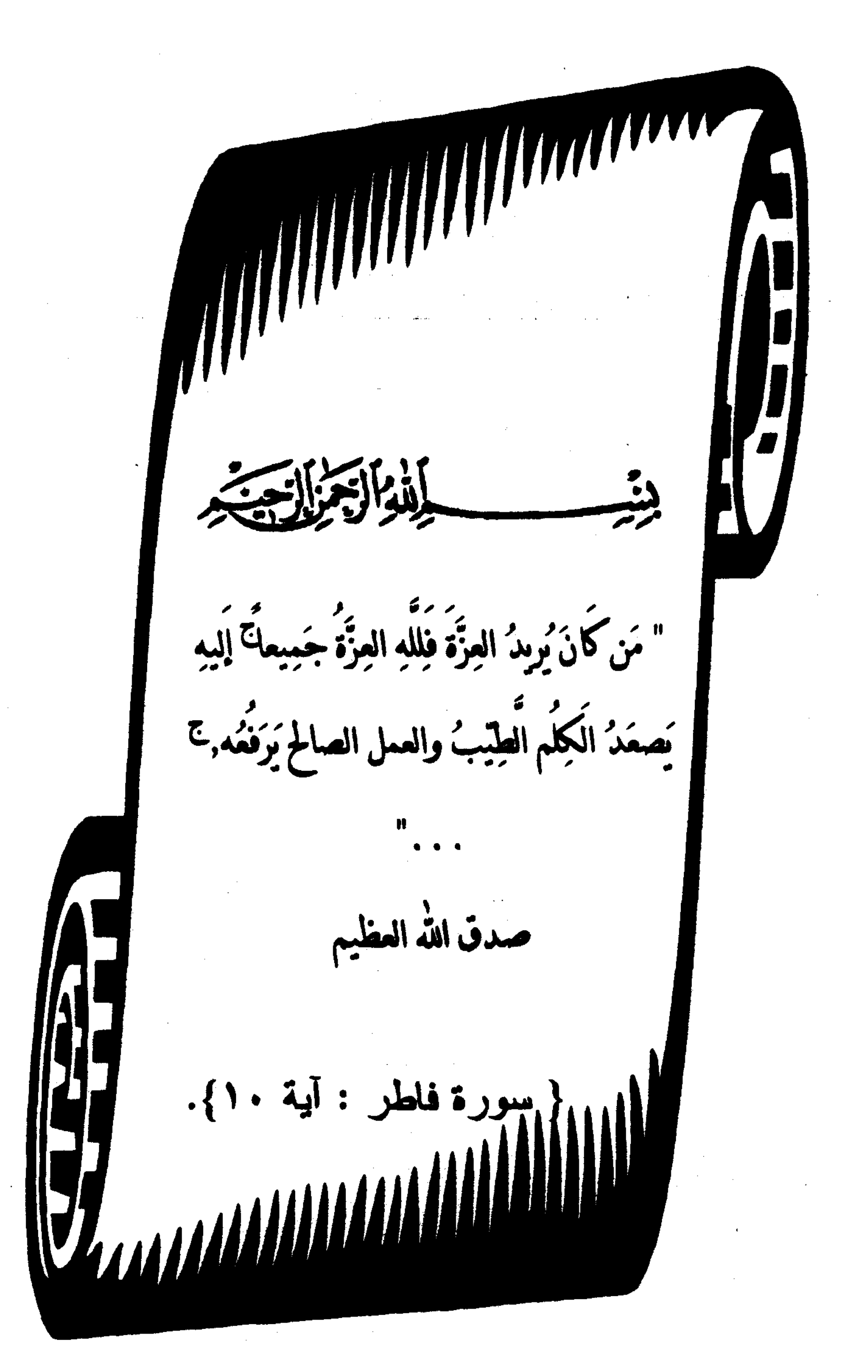
مشكلة الاتصال واللاتناهي بين العلم والفلسفة

تأليف دكتور

صلاح محمود عثمان محمد

١٩٩٨

الناشر منشأة المعارف بالاسكندرية
جلال حزى وشركاه
٤٤ ش سعد زغلول الاسكندرية تليفون/ فاكس: ٤٨٣٣٣٠٣
٣٢ ش مصطفى مشرفة - سوتير أسكندرية تليفون: ٤٨٤٣٦٦٢


بسم الله الرحمن الرحيم
" مَن كَانَ يُرِيدُ العِزَّةَ فَلِلَّهِ العِزَّةُ جَمِيعاً ج إِلَيهِ
يَصعَدُ الكَلِمُ الطَّيِّبُ والعمل الصالح يَرفَعُهُ ج
..."
صدق الله العظيم
{ سورة فاطر : آية ١٠ }.



إهـــداء

إلى أختى

.. فى غربتها البعيدة .. أم تراها
غربتى؟ ..

كلا .. بل هى غربة الحب فى زمن
الجفاء ..

لازلت أذكر عهداً ألا نفترق! .. لكن
الله
شاء .. أهديك ما كنت تأمليه .. ويبقى
عزائى
وعد ربى باللقاء ...

...... ،

محتويات الكتاب

***

الموضوع	الصفحة
مقدمة البحث	١
الفصل الأول : تطور النظر فى مبدأ الاتصال...........	١٢
تمهيد	١٣
أولاً – الاتصال واللاتناهى : تحليل فيلولوجي..........	١٥
ثانياً – الأصل التاريخى للمشكلة................	٢٦
أ- فيثاغورث....................................	٢٧
ب- بارمنيدس....................................	٣٢
جـ- زينون الإيلى................................	٣٥
ثالثاً – تطور مبدأ الاتصال فى العلم: من أرسطو حتى العصر الحديث	٤٥
أ- أرسطو..	٤٦
ب- جاليليو......................................	٥٢
جـ- ديكارت......................................	٥٤
ء- نيوتن..	٥٦
هـ- ليبنتــز......................................	٦٢
و- ما بين نيوتن وليبنتز............................	٦٦
ز- باركلى.......................................	٦٩
ح- ما بعد باركلى.................................	٧١
تعقيـــب..	٧٤
الفصل الثانى : الإتصال الرياضى: من الأبعاد الهندسية إلى الأعداد.	٧٨

تمهيـــــد ٧٩
أولاً- تطور الهندسة الحديثة.................................. ٨٤
أ- هندسة إقليدس.. ٨٤
ب- هندسات لا إقليدية...................................... ٨٨
جـ- هندسات لاأرشميدية.................................... ٩٢
ثانياً - تحسيب التحليل وتعميم العدد ٩٨
أ- أزمة الأسس من الهندسة إلى التحليل...................... ٩٨
ب- ترويض الأعداد الصماء والتخيلية......................... ١٠٢
جـ- الأعداد اللامتناهية ونظرية المجموعات................... ١١٥
ثالثاً - الرياضيات بين الحدس والأكسيوماتيك والمنطق ١٣٠
أ- نقائض نظرية المجموعات. ١٣٠
ب- الحلول المقترحة... ١٣٣
جـ- هل للرياضيات أساس وحيد؟ ١٤٤
تعقيـــــب ١٤٦
الفصل الثالث : الإتصال الفيزيائي بين النظر والتجريب ١٥١
تمهيد ١٥٢
أولاً- وجهة النظر الكلاسيكية. ١٥٦
أ- الديناميكا الحرارية... ١٥٦
ب- طبيعة الضوء... ١٦٨
جـ- المجال الكهرومغناطيسي.................................... ١٧٤
ثانياً - النسبية وإتصال الظواهر الفيزيائية........................ ١٨٠
أ- تجربة ميكلسون - مورلى ١٨١

ب- النسبية الخاصة ١٩١
جـ- النسبية العامة ٢٠٢
ثالثاً - الكم والانفصال فى المجال دون الذرى ٢١٥
أ- نظرية الكم ٢١٩
ب- الميكانيكا الموجية ٢٢٧
جـ- تفسير كوبنهاجن ٢٣٢
تعقيـــب ٢٣٨
الفصل الرابع: إتصال التسبيب ٢٤٢
تمهيـــد ٢٤٣
أولاً- العلاقة السببية بين الإمكان والضرورة ٢٤٥
أ- تحليل أرسطو للسببية ٢٤٥
ب- السببية فى العصر الحديث ٢٥٠
١- فرنسيس بيكون ٢٥١
٢- جون لوك ٢٥٢
٣- ديفيد هيوم ٢٥٥
٤- كانط ٢٦٢
جـ- السببية فى القرن العشرين : برتراندرسل ٢٦٥
ثانياً - القانون السببى والقانون الإحصائى ٢٧٢
أ- أنماط العلاقة السببية ٢٧٣
ب- تصور القانون وتطبيق القانون ٢٧٧
ثالثاً - الاتصال السببى وقوانين الكم ٢٧٩
تعقيـــب ٢٨٧

الفصل الخامس : الاتصال الرياضى والخبرة	٢٩٠
تمهيـــد	٢٩١
أولاً- وجود الكائنات الرياضية المجردة..........................	٢٩٢
ثانياً - بنية الكشف الرياضى.....................................	٣٠٢
أ- النزعة التجريبية..	٣٠٣
ب- النزعة العقلانية..	٣١٢
جـ- كانط ونزعته النقدية..	٣٢١
ء- المعرفة الحدسية المباشرة : نفسياً وفسيولوجياً............	٣٢٤
ثالثاً - تطابق المتصلين الرياضى والحسى..........................	٣٢٩
تعقيـــب..	٣٤٣
الخاتمة ونتائج البحث	٣٤٥
مصطلحات البحث...	٣٥٤
مراجع البحث...	٣٧٨
أولاً - المراجع باللغة العربية (مؤلفة ومترجمة)	٣٧٩
ثانياً - المعاجم العربية...	٣٩١
ثالثا - المراجع باللغة الأجنبية...................................	٣٩٣
رابعاً - المعاجم الأجنبية..	٣٩٨

" مقدمة "

***

الزمان والمكان .. المادة والحركة .. الجوهر والعرض .. الجزء والكل .. السببية والغائية .. الوجود والمعرفة ... ، كلمات غائرة فى أذهاننا، ومشكلات تتنازع أفكارنا: ترسم خريطة متشابكة لتاريخ العلم والفلسفة، وتشغل إنسان الكم والنسبية وما بعدهما بقدر ما شغلت إنسان المراحل الأولى من التفلسف – وما من حل نهائى، ولا إجابات قاطعة لتساؤلات ما فتئت تؤرقنا، وبإختصار: فليس هناك حدٌ معقول أو مقبول لألفاظ ومصطلحات مابرحت ترددها ألسنتنا !. حقاً لقد حملتنا إنجازات العلوم فوق سفينة الحلم القديم – أم تُراه الوهم – بإستجلاء الحقيقة، وإستكشاف المعانى الثابتة، بل لقد وضعتنا على مشارف قرن جديد، تُمنينا أضواؤه الخافتة بتراجع القلق الميتافيزيقى المتوارث عن أسلافنا، وبإحكام السيطرة فى عالم تفلت أبعاده دائماً من بين أصابعنا. ولكن، هل بلغنا غايتنا؟! أفلا تزال كلمة "الحقيقة" أضخم من أصواتنا؟ بل أفلا تزال مشكلاتنا الميتافيزيقية تتقدمنا نحو القرن الجديد، وإن إرتدت ثوباً قشيباً حاكه رواد العلم الحديث والمعاصر؟.

بهذا التساؤل، ومن داخل حومة المذاهب الفلسفية المتناحرة، تنبت فكرة هذا البحث. إذ كان من الطبيعى فى خضم هذا الواقع أن نسعى إلى تلمس خيط علمى خفى، يفصل بين تلك المذاهب، ويربط بين قضاياها الأساسية، فإذا بمعالم هذا الخيط تتراءى لنا فى نظرية رياضية، خرجت من بطن الفلسفة، ثم تولتها الفيزياء بالرعاية، دون أن تقطع الصلة بأصولها الرياضية والفلسفية، أعنى نظرية الاتصال واللاتناهى.

لقد أغرتنا معالم هذا الخيط بإستكشاف أبعاده الإشكالية، فوجدنا أنها تعلن عن نفسها من خلال أكثرمن مسألة رئيسة من مسائل العلم والفلسفة، وهو ما يتضح من خلال النقاط التالية:

١- ترتبط نظرية الاتصال واللاتناهى بدراستنا لمشكلات الزمان والمكان والحركة والمادة، فى مساراتها المختلفة، بل وتعد أساساً ومرجعاً لها، إذ تبدأ هذه المشكلات - او من المفترض أن تبدأ- بتساؤلات أولية عن سريان الزمان وأبعاد المكان، ومكونات الحركة والمادة، وهل تنقسم هذه المتصلات - إذا كان هناك ثمة إتصال - إلى مالا نهاية، أم تتوقف قسمتها عند آنات ونقاط وحركات وعناصر لامنقسمة. هذا من جهة، ومن جهة أخرى تُلقى هذه التساؤلات بظلالها على مشكلة خلق العالم أو قدمه، فنائه أو خلوده، تلك التى تعكس أفكاراً ومواقف علمية وفلسفية عن إتجاه المتصل الزمانى: بدايته أو نهايته، خطيته أو دائريته، هذا فضلاً عن إمتداد المتصل المكانى، وكمية الحركة والمادة فى الكون.

٢- تمثل نظرية الاتصال واللاتناهى بُعداً هاماً وأساسياً لمشكلة السببية، فلا يخلو مذهب فيلسوف أو نظرية عالم من إتخاذ موقف محدد بشأن إتصال الظواهر أو إنفصالها، ومن ثم القول بالسببية أو رفضها. نجد ذلك مثلاً عند دعاة النزعة التجريبية، الذين نظروا إلى العالم بمنظار الحواس، فشككوا فى الضرورة العقلية للسببية. ونجده أيضاً عند دعاة النزعة العقلانية، الذين قالوا بالاتصال تحقيقاً لمطالب العقل، فاستتبع ذلك قولهم بمنطقية الضرورة السببية وعقلانيتها. ونجده ثالثاً عند "كانط" و "رسل" اللذين جعلا من مبدأ الاتصال مصادرة أساسية للبحث العلمى، يستند إليها القول بالسببية والحتمية.

ولا يغيب عن أذهاننا أن هذه المواقف، إنما هى فى حقيقتها إنعكاس لنظريات كبرى فى الفيزياء، كنظرية "نيوتن" فى الحركة والجاذبية، ونظرية :"ماكسويل" فى المجال ، وأخيراً نظريتى النسبية والكم، اللتين مثلتا قمة الصراع العلمى بين القائلين بالاتصال والقائلين بالانفصال. مما يجعل من مبدأ الاتصال مدخلاً قوياً للدراسات الفيزيائية بجوانبها الفلسفية المختلفة.

٣- تلعب نظرية الاتصال واللاتناهى دوراً محورياً فى الأزمات الرياضية، التى بدأت بإكتشاف الفيثاغوريين للأعداد الصماء أو اللامُنطقة، وإخضاعهم الحساب للهندسة. ثم بلغت ذروتها فى القرن التاسع عشر حين تخلت الهندسة عن الأسس المكانية لقضاياها، لصالح الإتساق المنطقى بين تلك القضايا، مما كان إيذاناً بتحول علم التحليل عن الحدس المكانى للاتصال والعودة إلى نظرية الأعداد الصحيحة كمنطلق واضح ويقينى لتعريف متسلسلات الأعداد المختلفة، وعلى رأسها متسلسلة الأعداد الحقيقية التى تُعد أعلى رُتبة من رُتب الاتصال. مما يدفعنا إلى القول بأن تاريخ الهندسة والتحليل، ماهو فى جوهره إلا تاريخ لمبدأ الاتصال بمراحله التطورية المختلفة.

٤- ترتبط نظرية الاتصال واللاتناهى بواحدة من أهم وأصعب مشكلات الفلسفة، ألا وهى مشكلة الكليات والجزئيات. فالاتصال كبناء رياضى خالص وصادق وكلى، يستلزم البحث فى وجود الكائنات المجردة، وعلاقتها بالجزئيات المتكثرة فى عالم الخبرة، مما يثير عدداً من القضايا الفلسفية المرتبطة بمشكلات الظاهر والحقيقة، والإدراك الحسى،

والتركيب العقلى للعالم، فضلاً عن الجانب اللغوى المعنى بتحليل الحدود العامة والجزئية وفحص دلالاتها الوجودية.

والحق أننا بتعدادنا لتلك المشكلات المرتبطة بنظرية الاتصال واللاتناهى، لانزعم تقديم حلول لها، أو إجابات حاسمة لما تنطوى عليه من تساؤلات، وإنما يكفينا فقط أن نتلمس بداية الطريق، وأن نُوجه الأنظار إلى تلك الأرضية المشتركة للبحث العلمى والفلسفى، فى وقت نسعى فيه إلى ربط محاور العملية المعرفية، ودمج الرصيد المعرفى للتخصصات المختلفة فى بوتقة واحدة، تحمل إسم المعرفة الإنسانية. ومن هذا المنطلق، يهدف هذا الكتاب إلى التحقق من فرضٍ رئيسى، يتلخص فى القول بوجود أساس عام ومشترك للبحوث الفلسفية والفيزيائية والرياضية، تُعبر عنه نظرية الاتصال واللاتناهى بأبعادها المختلفة، ونستطيع من خلاله تعقب جوانب كثرة من المشكلات، دون أن نفقد الخيط الرابط فيما بينها. لاشك أن النتائج فى الفلسفة قد تختلف عنها فى الفيزياء عنها فى الرياضيات ، ولكنها جميعا تمثل فيما نزعم مثلثاً رياضياً متجانس الأضلاع، يفقد دلالته إذا ما بُتر ضلع من أضلاعه. فإذا كان العلم هو رؤية للأشياء الجديدة، فالفلسفة هى رؤية جديدة للأشياء.

يرتبط بهذا الفرض الرئيسى عدة فروض لاتقل أهمية، يمكن أن نصوغها فيما يلى من تساؤلات:

أ- بأى معنى نفهم الاتصال واللاتناهى : هل بالمعنى الرياضى القائل بأن : 'المتصل' ليس شيئاً آخر سوى مجموعة من العناصر مُرتبة بترتيب معين ، أم بالمعنى الفلسفى الميتافيزيقى القائل بأن المتصل يُمثل كلاً واحداً لايقبل القسمة؟. وبعبارة أخرى، هل يتألف المتصل، سواء أكان

زماناً أو مكاناً أو مادة، من عدد لامتناه من العناصر - المنقسمة أو اللامنقسمة، أم أن هذه العناصر ما هى إلا تشريحات يقوم بها العقل بغرض الفهم والإستخدام العملى؟.

ب- إذا كان "المتصل" يتألف من عدد لامتناه من العناصر، فهل نجح علماء الرياضيات فى تجاوز متناقضات الأعداد اللامتناهية التى أثبت بها "زينون" بطلان الكثرة والحركة، مستخدماً حججاً منطقية لاتقبل الدحض التجريبى.

جـ- هل نجح علماء المنطق فى رد المتصل العددى، ومن وراءه الرياضيات بأكملها إلى أساس واضح ويقينى هو المنطق، أم أن للحدس والأكسيوماتيك دور لايمكن إغفاله فى بناء الصدق الرياضى؟.

ء- هل إستطاع علماء الفيزياء تقديم إجابة شافية عن السؤال الفلسفى القديم الخاص باتصال الطبيعة، بحيث يمكن أن نقول مع "آينشتين" أن الكون متصل" رباعى الأبعاد لامكان فيه للفجوات أو القفزات ، حتى على المستوى الذرى ، أم أن ثنائية 'الاتصال والانفصال' مازالت تُطل برأسها من داخل الذرة؟.

هـ- هل تنطوى العلاقة السببية على ترابط عقلى ومنطقى وضرورى بين الأسباب ونتائجها، بحيث يعنى ظهور النتيجة حتمية مرور التأثيرات السببية عبر سلسلة من الحوادث المتصلة زمكانياً؟. وهل يعنى ذلك بطلان القول بالسببية إذا ما ثبت غياب الاتصال بين حوادث الطبيعة؟.

و- إذا كان الاتصال تصوراً رياضياً مجرداً ، تُغلفه مسحة ميتافيزيقية، فكيف نوفق بينه وبين المتصلات الجزئية فى عالم الخبرة؟. وهل يعنى ذلك

تغلغل التصورات الميتافيزيقية فى قلب العلم، بعكس ما يزعم دعاة النزعة التجريبية بكافة أشكالها؟.

وقد إنتهجنا فى التحقق من الفرض الرئيسى، وفى الإجابة على ما أثرناه من تساؤلات، منهجاً تحليلياً مقارناً بالدرجة الأولى، تاريخياً فى بعض الجوانب، نقدياً فى جوانب أخرى.

أما المنهج التحليلى المقارن فقد فرضته طبيعة البحث، الذى يستلزم تحليل مفهومى الاتصال واللاتناهى، ومايرتبط بهما من مشكلات، فلسفياً وفيزيائياً ورياضياً، والمقارنة بين تصور كل فرع من هذه الفروع لهذه المشكلات، وبيان جوانب الإتفاق والإختلاف فيما بينهما.

وأما المنهج التاريخى فمن الضرورى إستخدامه فى رد فكرتى الإتصال واللاتناهى إلى جذورهما الفلسفية الأولى فى الفكر اليونانى، وتوضيح ما آلا إليه فى العلم الحديث والمعاصر، هذا بالإضافة إلى تتبع الأفكار الرئيسة فى هذا البحث، والمرتبطة بمشكلات الوجود والمعرفة، عبر تسلسلها التاريخى منذ القدم وحتى عالمنا المعاصر.

وأما المنهج النقدى فقد إعتمدنا عليه فى مواضع متفرقة لتقويم رأى أو آخر من الآراء، وبيان مدى إتساق هذا الرأى أو ذاك مع التناول المقابل له، سواء فى الفلسفة أو فى الفيزياء أو فى الرياضيات، وذلك سعياً للوصول إلى تصور عام يربط بين دروب المعرفة المختلفة.

من جهة أخرى، وضماناً لتسلسل الأفكار وترابطها، فقد إتبعنا فى العرض طريقة الفقرات العددية، بحيث تُعبر كل فقرة عن فكرة، أو عن جزء منها، مما يُيسر عملية الإشارة إلى الأفكار والعودة إليها كلما دعت الضرورة.

وبشكل عام ينقسم هذا البحث إلى مقدمة وخاتمة وبينهما خمسة فصول، رتبناها على الوجه التالى:-

الفصل الأول: وجاء بعنوان 'تطور النظر فى مبدأ الاتصال'.

ونبدأ هذا الفصل بتحليل فيلولوجى لمصطلحى الاتصال واللاتناهى فى اللغتين العربية والإنجليزية. حيث تدفعنا جدة الموضوع ودقته إلى بيان المعنى الدقيق لمصطلحاته، لاسيما وأن كلمة الاتصال ترتبط فى أذهاننا بأكثر من معنى، لعل اشهرها ما يعرف بالإتصال الثقافى أو الإعلامى Communication المعبر عن تبادل المعلومات والآراء والأفكار والتجارب بين أعضاء المجتمع، وذلك بخلاف المعنى الرياضى الذى نرمى إليه فى هذا الكتاب، والذى يُعبر عنه المصطلح فى لغته الأجنبية. ثم أردفنا هذا التحليل بعرض تاريخى، حاولنا من خلاله تأصيل المشكلة والعودة بها إلى بداياتها الفلسفية الأولى فى الفكر اليونانى، خصوصاً عند 'زينون الإيلى' الذى كانت حُججه القوية ضد الحركة والكثرة باعثاً لتناول المشكلة والإهتمام بها من قبل الفلاسفة وعلماء الرياضيات والفيزياء. ثم تتبعنا فى جزء ثالث وأخير مراحل التطور المختلفة لمبدأ الاتصال عبر مسيرة العلم، بدايةً من "أرسطو" ، الذى كان أول من وضع تعريفاً علمياً للاتصال واللاتناهى، ومروراً بـ "جاليليو" و "ديكارت" و "نيوتن" و "ليبنتز" ، ووصولاً إلى 'باركلى'. وسوف نلاحظ من خلال هذا الجزء عمق العلاقة الجدلية والتأثيرات المتبادلة بين العلم والفلسفة، مما كان له أبلغ الأثر فى الإنتقال بالرياضيات والفيزياء من العصر الكلاسيكى للعلم إلى عصر النسبية والكم.

الفصل الثانى: وعنوانه "الاتصال الرياضى: من الأبعاد الهندسية إلى الأعداد".

وفيه نعرض لأزمة الرياضيات الكبرى التى ألمت بها خلال القرن التاسع عشر، والتى بلغت ذروتها بظهور الهندسات اللاإقليدية من جهة، ونظرية "كانتور" فى المجموعات من جهة أخرى. وذلك من خلال ثلاثة أجزاء فرعية قسمنا إليها هذا الفصل. تناولنا فى الجزء الأول منها حركة النقد الذاتى فى الهندسة، التى بدأت بمحاولات فاشلة للبرهنة على صحة المسلمة الخامسة فى النسق الهندسى الإقليدى، مما أدى إلى تغيير جذرى فى مفهوم الصدق الرياضى، ليعنى فقط عدم التناقض بين قضايا الأنساق الصورية بدلاً من مطابقة القضايا للواقع أو للمكان الخارجى، ومن ثم ظهور عدد لاحصر له من الأنساق الهندسية الصحيحة صورياً. أما الجزء الثانى فقد عرضنا من خلاله لمردود هذه التطورات على ميدان التحليل، وأوضحنا كيف تخلى التحليليون بدورهم عن الأسس الهندسية لقضايا علمهم، متخذين من الأعداد الصحيحة منطلقاً وحيداً لتعريف الأعداد الصماء والتخيلية، فضلاً عن مجموعات الأعداد اللامتناهية، وهو ما أثمر فى النهاية وضع تعريف دقيق للاتصال، يتجاوز متناقضات اللاتناهى. وهذه الأخيرة تقودنا إلى الجزء الثالث من هذا الفصل، حيث نلمس من خلاله إنقسام مسرح البحث فى أسس الرياضيات بين نزعات ثلاث، لكل منها تصوره الخاص والمختلف لعلاج أزمة الأسس، وهى النزعة الحدسية، والنزعة المنطقية، والنزعة الأكسيوماتيكية.

الفصل الثالث: ويأتى بعنوان "الاتصال الفيزيائى بين النظر والتجريب".

ونبحث فيه مع علماء الفيزياء عن مدى تحقق الاتصال بين ظواهر الطبيعة، بمستوياتها الثلاثة: الأرضى والكونى والذرى. وقد بدأنا هذا الفصل بعرضٍ لوجهة النظر الكلاسيكية فى مجالات الحرارة والضوء والكهرباء. ثم إنتقلنا فى جزءٍ تالٍ إلى نظرية "أينشتين" فى النسبية، بشقيها الخاص والعام. وحاولنا قدر الإمكان تقديم تفسير مُبسط لهذه النظرية، يكشف عن أبعادها العلمية والفلسفية، ولايُخل فى الوقت ذاته ببنيتها الرياضية. وإلى هنا يبدو القول بالاتصال وكأنه مسلمة أساسية لكافة بحوث الفيزياء، لكن الرياح قد تأتى بما لاتشتهى السفن، وهو مايتضح من خلال الجزء الثالث من هذا الفصل، حيث أدى إكتشاف "ماكس بلانك" لكمّ الفعل الإشعاعى، وتأكيد "بوهر" و "هايزنبرج" على وجود القفزات الكماتية داخل الذرة، إلى مواجهة علمية بين القائلين بالاتصال والقائلين بالانفصال، مما كان فى نظرنا مدعاة لتدخل الفلسفة، التى لجأ إليها العلماء أنفسهم لدعم إفتراضاتهم النظرية.

الفصل الرابع: وهو بعنوان "إتصال التسبيب".

وقد خصصنا هذا الفصل لبحث مشكلة السببية وعلاقتها بمقولة الاتصال، إنطلاقاً من فرض بعينه، نزعم من خلاله ضرورة القول باتصال الحوادث فى الطبيعة إذا ما أردنا القول بقيام العلاقة السببية بين تلك الحوادث.

وقد عرضنا فى الجزء الأول من هذا الفصل لنماذج مختلفة من تفسيرات الفلاسفة للعلاقة السببية، وهى نماذج تكشف عن الخلاف الإبستمولوجى القديم بين دعاة النزعتين العقلانية والتجريبية، وتبرز ضرورة التمييز –ثم الربط– بين الجانبين النظرى والتجريبى للمعرفة العلمية، أو بين

تصور القانون وتطبيق القانون، ولذا نعمد فى الجزء الثانى إلى تعداد أنماط العلاقة السببية، التى تجمع كما سنرى بين نوعى القانون العلمى : السببى والإحصائى، وتجعل منهما وجهان لعملة واحدة : وجه عقلى يستلزم القول بالاتصال ، ووجه تجريبى يستلزم تطوير آلات القياس بما يسمح بالكشف عن تحقق الاتصال. ثم يأتى الجزء الثالث لنناقش من خلاله تشكيك "بوهر" و "هايزنبرج" فى العلاقة السببية ومبدأ الاتصال، ونوضح فى هذا الصدد كيف أن تفسير كوبنهاجن ليس هو التفسير الوحيد -وإن كان الأشهر، لنظرية الكم، أو لعلاقة الذات بالموضوع فى العملية المعرفية ، لاسيما فى المجال دون الذرى.

الفصل الخامس: وعنوانه "الاتصال الرياضى والخبرة"

ونفرد صفحات هذا الفصل لمشكلة الكليات والجزئيات، ببعديها الوجودى والمعرفى وبالقدر الذى يخدم قولنا بتحقق الاتصال فى الطبيعة، حتى وإن قادتنا الحواس إلى نظرة جزئية مخالفة. وقد قسمنا هذا الفصل بدوره إلى ثلاثة أجزاء. تحدثنا فى الجزء الأول عن النزعات الثلاث التى إهتمت بالبُعد الأنطولوجى لمشكلة الكليات، وهى "الواقعية" و"التصورية" و "الإسمية"، مع تركيزٍ مقصود على النزعة الواقعية التى نميل إلى الأخذ بها، والقائلة بوجود عالم مفارق للكائنات الرياضية المجردة. أما الجزء الثانى من هذا الفصل فقد إستعرضنا من خلاله دروب المعرفة المختلفة: الحسية، والعقلية المنطقية، والعقلية الحدسية، مع تحليل نقدى يستند إلى واقع الكشوف العلمية، بالإضافة إلى نتائج البحوث المعاصرة فى الفسيولوجيا وعلم النفس. ونلمس فى هذا الجزء أهمية المعرفة الحدسية ودعائمها الحسية والمنطقية فى بناء الكشف

العلمى. أما الجزء الثالث والأخير من هذا الفصل، فنعرض خلاله لعلاقة التطابق بين المتصل الرياضى كتصور كُلى مجرد، يقطن عالماً خاصاً ومفارقاً، وبين المتصلات الفيزيائية الجزئية فى عالم الخبرة، وكيف أن هذا التطابق يستلزم القول بوجود قوة إلهية تقف ورائه، وتُتيح للإنسان إستكشافه عبر مراحل تطوره الحضارى.

وتأتى بعد ذلك خاتمة الكتاب لنُضمنها بعض النتائج العامة بالإضافة إلى ما تضمنه البحث من إستنتاجات.

وقد ذيلنا الكتاب بقائمة تحوى أهم المصطلحات الفلسفية والعلمية التى إستخدمناها تعقبها قائمة بالمراجع العربية والأجنبية التى إعتمدنا عليها.

ولا يفوتنى هنا أن أذكر بالتقدير والعرفان صحبة الاحباب التى لازمتنى بالدعاء وأحاطتنى بمشاعر الحب الصادقة : **أمى، وزوجتى، وأبنائى ندا و نهى ومحمد** ، واخوىّ **محمد وصبرى محمود عثمان**.

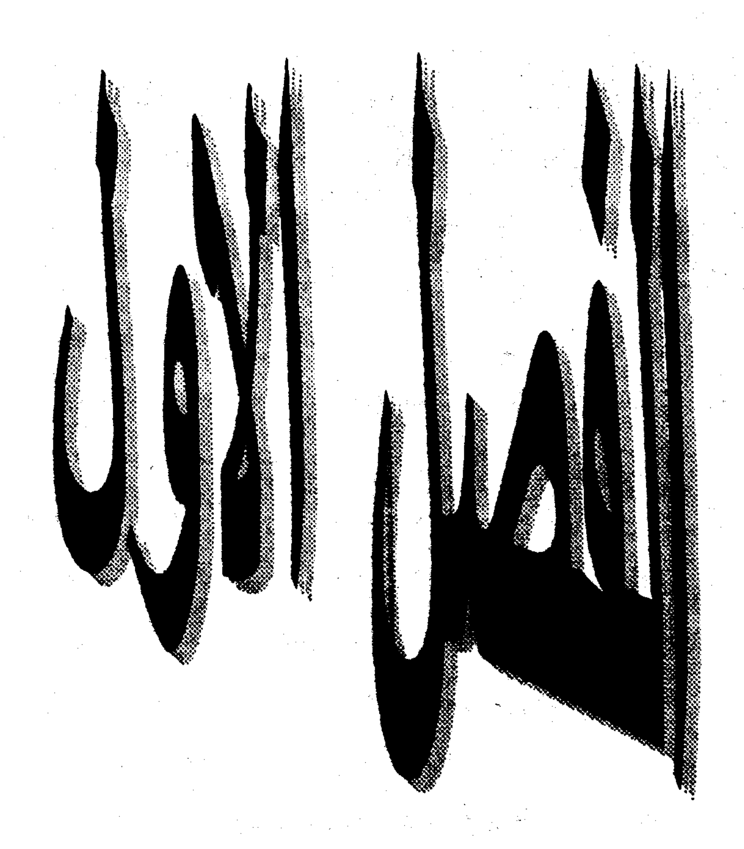
أما أستاذى الدكتور / **محمد محمد قاسم** ، فله منى كل الشكر والاخلاص والتقدير على ما غمرنى – ويغمرنى – به من علم ومن مشاعر الود والمحبة منذ أن تعرفت عليه فى بداية الثمانينات وإلى ماشاء الله ...

جزى الله الجميع عنى كل خير، وعليه سبحانه قصد السبيل&.

صلاح عثمان

الإسكندرية فى

١٩٩٨/٩/١



تطور النظر في مبدأ الاتصال

تمهيـــد:

١- لعل أول ما يتبادر إلى الذهن حين نقرأ عنوان هذا البحث، أن نتساءل عن معنى مصطلحى "الاتصال" و " اللاتنــاهى"، ولـم يرتبطـان معـا ليمثـلا مشـكلة واحدة؟. وإذا كان من الممكن الآن طرح المشكلة على بساط البحث الفلسـفى، نظـراً للطـابع الذاتـى والمذهبى للفلسـفة، فهل لـم يقُل العلم فيها بعد كلمتــه الأخيرة؟.

وثمة تساؤلات أخرى تأتى لاحقة، نستفسر من خلالها عن نوع المشكلة، وتاريخها، وأبعادها العلمية والفلسفية.

ولا شك أن الإجابة عـن هـذه التسـاؤلات، علـى نحـوٍ مُرضٍ، تسـتغرق البحث بأكمله. ولكننا معنيون فى البداية بأن نضع بعـض الأسـس أو المبـادئ، ننطلق منها ونسير عليها خلال البحث. وليست هذه الأسس كبديهيات "إقليدس" Euclid نصادر عليها دون برهان، كما أنها ليست كمقـولات "كـانط" Kant (١٧٢٤-١٨٠٤) الأولية القبلية، وإنما هى بمثابة تعريـف بالمشـكلة، وتميـز" لها عن كثير من المشكلات المرتبطة ذهنياً بكلمـة "الاتصـال". فحيثمـا يتعلـق الأمـر بهـذه الكلمـة، يكـون مـن الضـرورى - كمـا يشـير "رسـل"[١] Russell (١٨٧٢-١٩٧٠) أن نُحدد بدقة ما نعنيه بها.

والحق أن إشارة "رسل" تلك لاتنبع من فراغ، فلو أننا رجعنا إلى معـاجم العلوم المختلفة، لوجدنا أكثر من معنى لكلمة الاتصـال، بحيـث قـد يكـون مـن المستحيل أن نقبل تعريفاً واحداً باعتباره تعريفاً عاماً يصدُق على سائر صــور الاتصـال. فهنالك مثلاً: الاتصـال الروحى فى التصـوف ، والإتصـال الموسـيقى

---

(١) برتراند رسل : أصول الرياضيات (ترجمة د. محمد مرسى أحمـد & د. أحمد فؤاد الأهوانى، جـ٣ ، ط٢ ، دار المعارف بمصر، القاهرة، ١٩٦٥) ص ٢٠٩.

فى الفن، والإتصال الثقافى والإعلامى فى علم الإجتماع، هذا فضلاً عن حديثنا اليومى عما يُسمى بثورة "الإتصالات" التكنولوجية بين شعوب العالم ودُوله. ولا يقف الأمر عند هذا الحد، بل إن معنى "الاتصال" قد يختلف داخل مجال التخصص الواحد. ففى الرياضيات، يميز الرياضيون بين رُتب degrees مختلفة للإتصال[٢]. وهو تمييز يعتمد على التطور المتلاحق لنظريات الاتصال الرياضية منذ أرسطو Aristotle (٣٨٤-٣٢٢ق.م)* . وحتى إكتشاف "جورج كانتور" G. Cantor (١٨٤٥-١٩١٦) لنظرية المجموعات .Set Theory وفى مجال الفلسفة، يختلف معنى الاتصال عند "كانط" مثلا عن معناه عند "برجسون" Bergson (١٨٥٩-١٩٤١). وما يعنيه عند "صموئيل الكسندر" S.Alexander (١٨٥٩-١٩٣٨) يختلف تماماً عما يعنيه عند "كارل ياسبرز" K. Jaspers (١٨٨٣-١٩٦٩)* .

---

(2) Russell, B. : Our Knowledge of the external world, Routledge Inc, London and N.Y, 1993, p. 133.

* التواريخ التى نذكرها بشأن فلاسفة اليونان القدامى هى تواريخ تقريبية، حيث لم يصل المؤرخون بصددها إلى حد التوحيد المرجو.

* هذه مجرد أمثلة لتعدد معانى الاتصال فى الفلسفات المختلفة، وسوف نعود إليها بشيء من التفصيل فى مواضع متفرقة من هذا البحث، نستثنى من ذلك ما كان بعيداً تماماً عن مجال بحثنا، كمعناه مثلاً عند "ماكس شيلر" M.Scheler (١٨٧٤-١٩٢٨) مُمثلاً للفلسفة الفينومينولوجية، أو عند "موريس ميرلوبونتى" Merleau - Ponty (١٩٠٨-١٩٦١) و"كارل ياسبرز" ممثلين للفلسفة الوجودية . فهؤلاء جميعاً يناقشون مايُسمى بمشكلة "الاتصال بين الذوات" أو مشكلة " الآخر "، وهى مشكلة وجودية صميمية ، يعبر عنها " ياسبرز " فيقول : " نحن لا نتفلسف إبتداءً من العُزلة بل إبتداءً من التواصل : إن نقطة إنطلاقنا ، سواء فى حال الفكر، أو فى حال السلوك ، هى أننا إنسان بإزاء إنسان ، وفرد بإزاء فرد".=

ولسنا نريد هنا أن نستقرئ كل هذه المعاني، فهذا مالايمكن أن يحتمله بحث واحد، فضلاً عن أنه يحيد بنا عن أعراض هذا البحث. ولكن حسبنا أن نعمل على تحديد ما نعنيه بالإتصال داخل إطار بحثنا، أو بعبارة أدق: في حدود علاقته باللاتناهي.

ولما كانت كلمة الاتصال تثير كثيراً من الإشكالات بين مستخدميها، خصوصاً من الفلاسفة، فسوف يكون من المفيد أن نعرض أولاً للمشكلة في بُعدها اللغوي، حتى نقف على ما يمكن أن نسميه "إتصالاً" ومالا يمكن أن يكون كذلك.

أولاً: الاتصال واللاتناهي: تحليل فيلولوجي.

٢- نبدأ هذا التحليل بمصطلح "اللاتناهي" الذي يُعد واحداً من أهم الإصطلاحات في تاريخ العلم والفلسفة. والذي يتسم – رغم تنوع إستخداماته الفلسفية** – بثبات سيما نطيقي يشمل مختلف اللغات تقريباً . ففي الإنجليزية،

= راجع : ا.م . بوشنسكي : الفلسفة المعاصرة في أوربا (ترجمة د. عزت قرني ، سلسلة عالم المعرفة ، الكويت ، ١٩٩٢، العدد ١٦٥) ص ٣١٢. وأنظر أيضاً عرض الدكتور زكريا إبراهيم لهذه الفلسفات في كتابه : دراسات في الفلسفة المعاصرة (مكتبة مصر ، القاهرة ، ١٩٦٨).

** يختلف المدلول اللفظي للمصطلح في كثير من الأحيان عن المعنى الذي يرمي اليه الفلاسفة باستخدامهم له . فعلى سبيل المثال ، يستخدم " ديكارت " مصطلح " اللا متناهي " للدلالة على الخالق عز وجل ، أما اللامتناهي الدنيوي ، أي ماليس له نهاية ، فيعبر عنه بمصطلح "اللامحدود" indefini، ولذا يشير " ديكارت " في التأملات الثالثة إلى أنه لا يستخدكلمة "لامتناه" سلباً لكلمة " متناه " ، قياساً على إستخدامه لكلمة " السكون " كنفي لكلمة الحركة ، لأنه يوجد في الجوهر اللامتناهي من الحقيقة أكثر مما يوجد في الجوهر المتناهي ، ولأن فكرة اللامتناهي عنده سابقة لفكرة المتناهي ، إذ كيف يعرف (أي ديكارت) أنه غير كامل مالم يكن قد فكر من قبل في ذات أكمل من ذاته ، عرف بمقارنتها عيوب طبيعية ؟.=

يكفى أن نميز بين " اللاتناهى " بمعنى إستحالة إدراك النهاية لما لانهاية له endlessسواء أكان زمانا أو مكانا أو أى كيان ممتد، وبين "اللامتناهى" بمعنى ما لايمكن أن تكون له نهاية(٣). وهنا نسرع بالتمييز بين " اللا متناهى " وبين حدين آخرين مقاربين ، وهما : " اللامحدود" indefinite و"اللامتعين" indetrminate فاللامحدود هو "مالم يُحدد بالفعل، وإن كانت له حدود ممكنة"(٤) . أما اللامتعين فهو" ما يقبل أنحاء مختلفه ، ويصعب تحديد واحد منها ، فالعدد اللامتعين مثلاً هو ما عُرف على أنه عدد ، ولكن لم يُعرف بالضبط أى عدد هو"(٥) .

أيضاً لاخلاف فى العربية حول مصطلح "اللاتناهى"، فهو لفظ عربى أصيل، مشتق من الفعل الثلاثى "نهى" . وقد ورد فى الذكر الحكيم : ﴿كَانُوا لاَيَتَنَاهَوْنَ عن مُنكرٍ فَعلُوه. . .﴾ (المائدة٧٩). والنهية والنهاية فى اللغة هى غاية كل

= أنظر: ديكارت : مقال عن المنهج (ترجمة محمود محمد الخضيرى ، مراجعةوتقديم د.محمد مصطفى حلمى، ط٣ ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ،١٩٨٥) حاشية بقلم المترجم ، ص٢٢٢.

(3) Runes (ed) : Dictionary of philosophy ,AHelix book , Published by rowman & Allanheld publihers , Totowa , N.J ,1984, item “infinity” , p 162.

(٤) مجمع اللغة العربية : المعجم الفلسفى (تصدير د.ابراهيم بيومى مدكور ، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية ، القاهرة، ١٩٨٣) مادة" لامحدود" ، ص ١٦٠.

(٥) نفس المرجع ، مادة " لامتعين " ، ص ١٥٩

شئ وآخره، وذلك لأن آخره ينهاه عن التمادى فيرتدع[٦]. ومن ثم فاللامتناهى سلبٌ للمتناهى، أى أنه ما لا آخر له ولا رادع لإمتداده.

٣- ولكن ما وجه الصلة بين "اللاتناهى" و "الاتصال"؟. الحق أنه حيثما عُنى بمفهوم الاتصال، فلابد وأن يُعنى أيضاً بمفهوم "اللاتناهى". وعلى الرغم من أن العلاقة الوثيقة بينهما تعود إلى بدايات التفلسف* ، إلا أننا نورخ لها علميا بداية من منتصف القرن الخامس قبل الميلاد. وعلى التحديد منذ أن وضع "زينون الإيلى" Zeno of Elea (٤٩٠-٤٣٠ق.م) حججه الشهيرة تأييداً لأستاذه "بارمنيدس" Parmenides (٥٤٠- ؟ ق.م) فى إبطال القول بالكثرة والحركة. فمنذ ذلك الحين أصبحت مشكلة اللاتناهى جزءً لايتجزأ من مشكلة الاتصال، يؤكد ذلك تساؤلنا المبدئى عند تحليلنا لأى "متصل"

(٦) إبن منظور : لسان العرب (دار الكتاب المصرى & دار المعارف ، المجلد السادس ، بدون تاريخ) مادة "نهى" ، ص٤٥-٦٥.

* يعود الترابط بين مفهومى " الاتصال " و " اللاتناهى " إلى الفيلسوف اليونانى أناكسيمندريس Anaximander (٦١٠-٥٤٧ق.م) تلميذ طاليس Thales (٦٢٤-٥٤٦ق.م) . فقد رأى أن الماء لايصلح أن يكون مبدأ أول كما قال أستاذه، لأن المبدأ الأول لايمكن ان يكون مُعيناً، فدعا المادة الأولى بـ "اللامتناهى" . وقال أنها لا متناهية بمعنيين : من حيث الكيف ، أى لا مُعينة، ومن حيث الكم ، أى لامحدودة . وهى مزيج من الأضداد جميعاً : الحار والبارد والرطب واليابس وغيرها . إلا أن هذه الأضداد كانت فى البدء مختلطة متعادلة غير موجودة بالفعل من حيث هى كذلك . ثم إنفصلت بحركة المادة ، ومازالت الحركة تفصل بعضها عن بعض ، وتجمع بعضها مع بعض بمقادير متفاوتة ، حتى تألفت بهذا الإجتماع والإنفصال الأجسام الطبيعية على إختلافها.

أنظر: يوسف كرم : تاريخ الفلسفة اليونانية (ط٥ ، لجنة التأليف والترجمة والنشر ، القاهرة،١٩٦٦) ص ١٤.

Continuum : هل هو متناهيا أم لامتناه[٧]. ولعل هذا هو ما حدى بأرسطو - فى محاولته الرد على حجج "زيلون" - إلى التفرقة بين نوعين من "اللامتناهى" : اللامتناهى فى الحد، أى مالا آخر له ولا طرف. واللامتناهى فى الإنقسام، أى ما يمكن قسمته إلى مالا نهاية[٨]. وهى نفس التفرقة التى أقامها "رسل" فى معرض تأريخه لمشكلة اللامتناهى، حيث فرّق بدوره بين اللامنتهى Unended أى ما لانهاية له فى الإمتداد، وبين اللامتناهى، أى مالانهاية له فى الإنقسام[٩]. وبلغة الرياضيات، يُعرف هذين النوعين من اللامتناهى بـ : اللامتناهى فى الكبر Infinitely great ، أى ما هو أكبر من كل كم معطى. واللامتناهى فى الصغر Infinitesimal -infinitely small أى ماهو أصغر من كل كم مُعطى[١٠].

٤- أما كلمة "الاتصال" فى الإنجليزية Continuity - وفى الفرنسية Continuite' - فمستحدثة ومبتكرة إذ تعود بسائر إشتقاقاتها إلى الفعل اللاتينى Continuo، بمعنى "يُواصل" أو "يستمر" أو "يتجه بدون تأجيل".

---

(7) Korner , S. : "continuity" , in Encyclopedia of philosophy , ed . by Edwards , p. , Macmillan Publishing Co, Inc & the Free Press , London , 1967 , Vol (2) , P. 205.

(٨) أرسطو : الطبيعة (ترجمة إسحق بن حنين ، تحقيق د. عبد الرحمن بدوى ، الدار القومية للطباعة والنشر ، القاهرة ، ١٩٦٥) جـ٢ ، م٦ ، ٣٣ ، ٢١أ ، ص ٦٢٧.

(9) Russell : Our Knowledge . . . ,P 185.

(١٠) المعجم الفلسفى ، مادة "اللامتناهى" ، ص ١٦٠.

ومنه الإسم اللاتينى Continuitas ، الذى يعنى "الإتصال" أو "الإستمرار" أو "التواصل". وهو ما نعبر عنه فى الإنجليزية بكلمة : Continuity(١١).

وعلى الرغم من أن هذه الكلمة تستخدم بوجه عام للدلالة على إتصال الأحداث أو الحركات أو التغييرات فى "الزمان Time " أو "المكان" Space دون إنقطاع(١٢)، إلا أن المعنى الرياضى لها هو الأكثر شيوعا فى معاجم الفلسفة، حيث تُستخدم كوصف لمجموعة من الحدود Terms أو الأعداد Numbers المرتبة على نحو تسلسلى دون فجوات أو ثغرات(١٣).

٥- أما فى العربية، فالإتصال كلمة أصيلة، وليست بمُعربة أو دخيلة. يرجع أصلها الإشتقاقى إلى الفعل الثلاثى "وَصَلَ" . ومنه "أوصل" و "واصل" و"تواصل" و" إتصل" ، وكلها إشتقاقات صحيحة(١٤).

ولكلمة الاتصال فى العربية نفس الدلالة اللفظية التى لكلمة Continuity فى الإنجليزية حيث يُقال بـ " الاتصال "، ويُعنى به عكس "الإنقطاع". ففى التنزيل العزيز :﴿ والذين ينقضُون عَهد الله من بعد ميثاقه ويقطعُون ما

---

(11) Webster's third , New international dictionary of the English language , Unabrideged . by Marrian Webster Inc, N.Y, 1981, item "continuity" , Vol (7) ,p 493.

(12) Korner , OP - Cit , p. 20$, also Webster's Encyclopedia unabrideged dictionary of the english language , Portland house, N.Y , 1983 , item "continuity" , P . 317.

(13) See for examble : Runes dictionary , item "continuity" , pp 82-83 , also the new encyclopedia Britannica , Micropedia , London , 1986 , item "continuity" , Vol (3) , P586.

(١٤) مجمع اللغة العربية : المعجم الوسيط (تصدير د. إبراهيم بيومى مدكور ، دار المعارف ، القاهرة ، ط٢ ، ١٩٧٢) مادة "وَصَلَ" ، ص ص ١٠٣٧-١٠٣٨.

أمر اللهُ به أن يُوصلَ . . . ﴾ (الرعد٢٥). وفى الحديث الشريف "رأيت سبباً واصلاً من السماء إلى الأرض". وفى قول الشاعر ابن جنّى :

قام بها يُنشد كل مُنشدِ..... وأتصلت بمثلِ ضوء الفرقدِ*

وقطع الشئ فى اللغة يعنى فصل بعضه(١٥)، ومن ثم فإن إتصاله يعنى وجود وُصلٍ به. يقول الليث: كل شئ إتصل بشئ فما بينهما وُصلة(١٦). ويقول العرب "ليلة الوصل" ويعنون بها آخر ليلة فى الشهر لإتصالها بشهرٍ آخر(١٧).

٦- وعلى الرغم من وضوح الدلالة اللفظية لكلمة الاتصال فى العربية، إلا أن ثمة أشكالا لغويا يطرح نفسه عند ترجمة الكلمة الإنجليزية Continuity فعلى سبيل المثال : بينما يقترح الدكتور "محمد مرسى أحمد"(١٨) ترجمتها بكلمة "الاتصال"، ويترك للقارئ حرية المفاضلة بينهما وبين كلمة "التواصل"،

---

* الفرقد نجمٌ قريب من القطب الشمالى ، ثابت الموقع تقريبا ، ولذا يُهتدى به ، وهو المسمى "النجم القطبى" ، ويقربه نجم آخر مماثل له وأصغر منه ، فهما فرقدان. أنظر : مجمع اللغة العربية : المعجم الوجيز (تصدير د. إبراهيم بيومى مدكور ، طبعة خاصة بوزارة التربية والتعليم المصرية ، القاهرة، ١٩٩٠) مادة "فرقد" ، ص ٤٦٩.

(١٥) المعجم الوجيز ، مادة "قطع" ، ص ٥٠٨.

(١٦) لسان العرب ، مادة "وصل" ، المجلد السادس ، ص ٤٨٥١.

(١٧) نفس المرجع ، ص ٤٨٥٣.

(١٨) أنظر قائمة المصطلحات المزيل بها كتاب "رسل" : مقدمة للفلسفة الرياضية (ترجمة د.محمد مرسى أحمد ، مراجعة د.أحمد فؤاد الأهوانى ، مؤسسة سجل العرب ، القاهرة ، ١٩٨٠) ص ٣٢٨.

يُفضل الدكتور "زكى نجيب محمود"(١٩). ترجمتها بكلمة "الإستمرار". فأى هذه الكلمات إذن أصوب وأدق كمقابل للكلمة الإنجليزية؟.

من الواضح أننا قد صادرنا منذ أن وضعنا عنواناً لهذا البحث، على أن الترجمة الأمثل والأدق لكلمة continuity هى كلمة الاتصال. أما حيثيات هذه المصادرة فتنقسم إلى جزئين: جزء خاص بالمعنى العلمى الدقيق لهذا المصطلح ، وجزء خاص بتاريخ المصطلح فى العربية. أعنى ترجمة العرب له فى عصر النقل عن اليونانية وغيرها.

٧- من الجهة الأولى، لو نظرنا إلى المعنى العلمى لهذا المصطلح سواء فى الإنجليزية أو فى أية لغة أجنبية أخرى، لوجدنا أنه ينحصر فى مبدأ رياضى منطوقه ما يلى: "بين أى حدين معلومين فى أية متسلسلة series تامة الترتيب، يوجد دائما حدٌ ثالث"(٢٠). فإذا كان أ ، ب أى مقدارين من نفس النوع فى أية متسلسلة ، وكان أ أكبر من ب ، فهناك دائما مقدار ثالث جـ ، بحيث يكون أ أكبر من جـ ، جـ أكبر من ب (٢١).

وقد تكون هذه المتسلسلة مكونة من نقاط أو آنات أو ماشابه ذلك المهم أن يكون هناك "تجانس" homogeneity بين حدودها ، فهذا شرطها الأول ، يتلوه شرط آخر هو تكون المتسلسلة خالية من الفجوات .

يقول " رسل " : " الاتصال ينطبق على المتسلسلات (وعلى المتسلسلات فقط) حيثما تكون تلك المتسلسلات ، بحيث يكون هناك حد بين أى حدين

---

(١٩) أنظر د.زكى نجيب محمود : "برتراند رسل" (سلسلة نوابغ الفكر الغربى ، دار المعارف بمصر ، القاهرة ، بدون تاريخ) ص ١٦٧.

(20) Runes : dict . of philo. , p 82 .

(٢١) رسل : أصول الرياضيات ، جـ٢ ، ص ١١٤.

معلومين ، وكل ماليس متسلسلة أو مركباً من متسلسلات ، أو كل متسلسلة لاتحقق الشرط المذكور سابقا ، فهو غير متصل . وهكذا فإن متسلسلة الأعداد المنطقة [أى الكسور] متصله، لأن الوسط الحسابى* لإثنين منها هو دائماً عدد منطق rational ثالث بين الإثنين ، وحروف الأبجدية ليست متصلة(٢٢).

ومعنى هذا أن مبدأ الاتصال فى منطوقه الرياضى الأصلى ، لا يعنى فقط عدم الإنقطاع بين أى حدين فى أية متسلسلة ، بل يعنى أيضا أن كل حدٍ منهما هو وحدة صلدة قائمة بذاتها، وأن الوسط الحسابى لهما هو دائماً حد آخر جديد قائم بذاته أيضاً * .

هناك إذن تغيير" متصل ، بحيث نحصل على حدود جديدة مختلفة طالما سرنا فى عملية إستخراج الوسط الحسابى . ولو مثّلنا لذلك بشئ محسوس كحرارة الشمس بداية من لحظة الشروق وحتى لحظة الغروب ، لقلنا أن

* من المعروف أن الوسط الحسابى لعدد محدود من الأعداد هو مجموع تلك الأعداد مقسوماً على عددها ، ومن ثم فالوسط الحسابى بين أ، ب = أ + ب/٢ وإذا وُضع الوسط الحسابى بين عددين فإن الأعداد الثلاثة تُكوّن متسلسلة حسابية ، أى أنه إذا كانت أ ، ب ، حـ ثلاثة حدود متتالية ، فإن الحد الأوسط (ب) هو الوسط الحسابى للحدين الآخرين .

(٢٢) رسل : المرجع السابق ، ص ١١٩ .

* من الواضح أننا بإزاء تعريف رياضى مجرد ، قائم على تصور الرياضيين للأعداد ، وبمقتضاه يتألف المتصل من عناصر لا تنقسم . أما تطبيق هذا التصور على مادة الخبرة كالزمان والمكان والمادة والحركة ، فقد كان محور مشكلة الاتصال واللاتناهى عبر تاريخها العلمى الطويل . ومازال السؤال مطروحاً للبحث : هل المتصل مؤلف من عدد لامتناه من العناصر اللامنقسمة ، أم أن عناصره أيضاً مُنقسمة ، وقد تعددت الآراء فى ذلك على مر العصور ، كما سنرى فيما بعد.

درجة الحرارة تختلف فى كل لحظة عن درجتها فى اللحظة السابقة أو اللاحقة . أى أن هناك تغييرات متصلة فى درجة الحرارة.

ولا شك أن هذا المعنى يختلف نوعاً عما توحى به كلمة " الإستمرار" من دلالة لغوية ، فنحن نقول فى اللغة: " إستمر الشئ " ، ونعنى بذلك أنه " مضى على طريقة واحدة"[٢٣] ،مما ينتفى معه وجود التغيير ، حتى لكأننا مثلا بإزاء جسم صلب يبقى على حاله فى الزمان والمكان دون أن يعتريه أى تغيير .

وعلى الرغم من أن كلمة " التواصل " تقترب فى مدلولها اللغوى من كلمة " الاتصال "، إلا أن الثانية أقوى فى الدلالة على المعنى العلمى المقصود. فالإتصال -كما ذكرنا- ضد الإنقطاع، أما "التواصل" فضد "التصارم"[٢٤]، وهو مصطلح يكثر إستخدامه فى وصف العلاقات الإنسانية منه فى وصف العلاقات بين الأشياء سواء أكانت عينية أم مجردة، يؤكد ذلك ما ورد فى الحديث الشريف:"من أراد أن يطول عمره فليصل رحمه"[٢٥].

٨- ومن جهة ثانية عَرف العرب مصطلح "الاتصال" كمصطلح فنى قبل أن تعرفه أوربا بسنوات طويلة. كان ذلك فى مرحلة مبكرة من عصر الصحوة الإسلامية، حين نشط مترجمى العرب والإسلام فى نقل الفلسفات والعلوم المختلفة عن اليونانية وغيرها إلى العربية. فمن خلال ترجمته لكتاب

---

(٢٣) المعجم الوجيز : مادة "مرّ" ، ص ٥٧٨.

(٢٤) لسان العرب : مادة "وصل " ص ٤٨٥١.

وأيضا : محمد بن أبى بكر الرازى : مختار الصحاح (عنى بترتيبه محمود خاطر ، دار الحديث ، القاهرة ، بدون تاريخ) مادة "وصل " ، ص٧٢٥ .

(٢٥) لسان العرب ، مادة " وَصَلَ "، ص ٤٨٥١ .

"الطبيعة" لأرسطو* وضع "إسحق بن حنين" (ت ٩١١م) هذا المصطلح كمقابل لنظيره فى اللغة اليونانية، ومن المعروف عن "ابن حنين" أنه خير من قدم الثقافة اليونانية إلى قراء العربية، فقد أجاد ثلاث لغات غير العربية (الفارسية واليونانية والسريانية) مما مكنه من عقد المقارنات بين اللغات المختلفة قبل أن يقف على المعنى الدقيق للكلمة(٢٦). وهكذا لم يكن إختياره لأى مصطلح يتم بطريقة عشوائية، بل كان يفعل ذلك بعد فحصٍ طويل وتنقيب دقيق.

ولم يشذ عن هذه القاعدة أغلب مفكرى العرب والإسلام، فعلى سبيل المثال، يتحدث "ابن سينا" (ت ١٠٣٧م) فى كتابه "النجاة" عما يُسمى بـ "الكم المتصل" و"الكم المنفصل"، وبينما يُعرّف الأول بأنه "ما يمكن أن تُفرض فيه أجزاء تتلاقى عند حدٍ واحد مشترك كالسطح والزمان"، يقول عن الثانى أنه "ما لايُمكن أن يُفرض فى أجزائه حد واحد مشترك وهو العدد لاغير"(٢٧). وسوف نلاحظ فيما بعد أن تعريف "ابن سينا" هذا للإتصال يعود مباشرة إلى "أرسطو".

أيضا يتحدث "الجرجانى" فى تعريفاته عما يُسمى بـ"إتصال التربيع" فيقول: "هو إتصال جدار بجدار بحيث تتداخل لبنات هذا الجدار بلبنات ذاك،

---

* أنظر ترجمة إسحق بن حنين لكتاب "الطبيعة" لأرسطو (الجزء الثانى، المقالة الخامسة وما بعدها). وسوف نعتمد على هذا الكتاب فى عرضنا لآراء آرسطو فى الاتصال، وذلك لما يتسم به من شروح وتعليقات قام بها أربعة من= =أفضل مناطقة العرب، وهم: أبو على بن السمح (ت٤١٨هـ)، يحى بن عدى (ت ٣٦٤هـ)، أبو بشر متى بن يونس القنائى، أبو الفرج عبدا الله بن الطيب.

(٢٦) د.توفيق الطويل: فى تراثنا العربى الإسلامى (سلسلة عالم المعرفة، الكويت، مارس ١٩٨٥، العدد (٨٧))، ص٧٧.

(٢٧) ابن سينا: النجاة، ص ٣٣٨، نقلاً عن المعجم الفلسفى، مادة "كم"، ص١٥٥.

وإنما سُمى "إتصال التربيع" لأنهما يُبنيان ليحيطا مع جدارين آخرين بمكان مربع"[٢٨].

وعلى الرغم من الطابع الهندسى العملى لهذا التعريف، إلا أنه يفى بالغرض المطلوب، وهو شيوع المصطلح بين رواد الثقافة العربية والإسلامية.

٩- بقى أن نشير إلى تفرقة هامة أقامها "برجسون" بين مصطلحى "الاتصال" و "الإستمرار"، وهى تفرقة تؤكد على الترابط الوثيق بين مذهب الفيلسوف ومصطلحاته، بغض النظر عن دلالاتها اللغوية أو العلمية.

ينظر "برجسون" إلى "الاتصال" من منظور ميتافيزيقى تطورى مختلف تماما عن المعنى العلمى له. فما يعنيه بالمصطلح هو "إتصال الديمومة" Duration، أى الزمان الحقيقى النفسى المتدفق، الذى لايمكن إدراكه إلا بالحدس Intuition . أما الزمان العلمى، أو الزمان المكانى -كما يسميه- فهو زمان" أجوف مجرد، لايعدو أن يكون تجريدا لتدفق الديمومة[٢٩]. بعبارة أخرى، يمكن القول أن نوع الاتصال الذى يقول به العلم -فى نظر برجسون- ماهو إلا تجميد لصيرورة الأشياء الداخلية، وإنتزاع لحظى للحركة المتدفقة بغرض دراستها وفهمها[٣٠].

---

(٢٨) الجرجانى (أبى الحسين الحسينى) : التعريفات (شركة مكتبة ومطبعة مصطفى البابى الحلبى وأولاده بمصر، القاهرة، ١٩٣٨) مادة "إتصال التربيع " ، ص٤.

(٢٩) د. محمود رجب : الميتافيزيقا عند الفلاسفة المعاصرين (دار المعارف ، القاهرة ، ط٣ ، ١٩٨٧) ص ٢٦٠ .

(٣٠) هنرى برجسون : التطور الخالق (ترجمة د. محمود قاسم ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ، ١٩٨٤) ص١٧١.

وإنطلاقاً من هذه الرؤية، يحتفظ "برجسون" بمصطلح "الاتصال" للدلالة على المعنى الميتافيزيقى الذى يقبله، فهو فى عُرفه أقوى من مصطلح "الإستمرار" الذى لايصلح سوى لوصف عالم الظواهر، سواء أكان إنعكاساً عقلياأم تجربة محسوسة.

يقول "برجسون" فى تعليقه على نظرية "الخلق المستمر"* التى قال بها "ديكارت" مفرقاً بين عالم المادة وعالم الروح: "أنه لو سلك الطريق الثانى (حتى نهايته) لانتهى إلى جميع النتائج التى يتضمنها حدس الديمومة الحقيقية. وعندئذ لن يبدو الخلق كما لو كان مستمراً 'continuee فحسب، بل كما لو كان مُتصلا .continu ولكان العالم مُعتبراً فى جملته يتطور حقيقة"(٣١).

ولاشك أن إنتقاد "برجسون" للعلم قد فتح عليه أبواب النقد الحاد من قبل فلاسفة العلم، خصوصا "رسل"، الذى وصف فكرته عن "الاتصال الميتافيزيقى" ، بأنها "فكرة غامضة مختلفة تماماً عما ألفناه من أفكار"(٣٢).

ثانيا : الأصل التاريخى للمشكلة:

١٠- كما أن لكل بناء قواعد، فإن لكل حضارة أسرار، هى كالجذور، تضرب بأطرافها فى أعماق الأرض فتنمو الحضارة وتزدهر. ولو تتبعنا البعد

---

* الخلق المستمر : نظرية قال بها الذريون من مفكرى الإسلام ، ثم تابعهم فيها "ديكارت "فى العصر الحديث ، وإن كان قد انكر وجود جواهر فردة أو اجزاء لاتتجزأ ، وفحوى هذه النظرية أن خلق ا لله لايتوقف ولا ينقطع ، فهو مُبدع العالم وحافظه ، بمعنى أن العالم متوقف فى وجوده وبقائه على فعل ا لله الذى يخلقه ويمسكه فى كل اللحظات ، ولولا ذلك لانقطع وجوده . أنظر : المعجم الفلسفى ، مادة "خلق " ، ص٨١ & مادة "حفظ إلهى " ص ٧٣.

(٣١) برجسون : المرجع السابق ، ص ٣٠٤ .

(٣٢) رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية ، ص ١١٦ .

التاريخي لمشكلة الاتصال واللاتناهي، لوجدنا أنها ثمرة من ثمار الفرع الرياضي لشجرة الحضارة اليونانية. أما السر الأكبر في تلك الحضارة فيكمن في "إدراك بُناتها دون غيرهم من الشعوب القديمة لفكرة العلم كحجة أو برهان على صدق قضية ما صدقا عاماً يتضمن كل التطبيقات الجزئية التي تصادفها"[٣٣]. وتلك هي الفكرة الأساسية لعلوم الرياضيات والفيزياء النظرية التي يلعب فيها العقل النظري البرهاني دوراً لاحدود له، والتي كان "فيثاغورث" مبدعها الحقيقي.

أ- فيثاغورث Pythagoras (٥٧٠-٤٩٧ ق.م).

١١- رغم كونه مؤسسا لأول مدرسة يونانية في الرياضيات، ترتفع بعلم الحساب من عالم الحس المادي إلى عالم التفكير العقلي المجرد، إلا أن تفكير فيثاغورث الرياضي إتسم بظاهرتين هامتين، وهما[٣٤] :-

١- أنه إمتزج بنظريات ميتافيزيقية زائدة عن حاجة الرياضيات ذاتها، حيث ذهب وأتباعه إلى أن كل شئ في الوجود ماهو إلا شكل هندسي وعدد* .

---

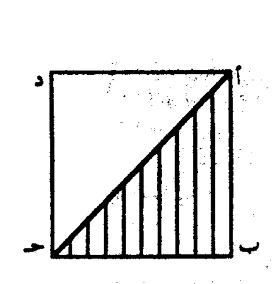
(٣٣) د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، ١٩٩٠) ص٣١ .

(٣٤) نفس المرجع ،ص ص ٣٢-٣٣.

* من المعروف أن فيثاغورث كان مؤسساً لجماعة دينية ، تعرف بالفيثاغورية ، تنادى بالإخاء وتطهير النفس ، وتعتقد بتناسخ الأرواح Transmigration of Souls . ورغم أننا نتحدث عنه دائماً كفيلسوف أو كعالم رياضي دون أن نهتم به كرجل دين ، إلا أن نظرته إلى الفلسفة والرياضيات كانت مُغلفة بطابع ديني تصوفي ، إذ هما في رأيه ليسا إلا مُفيدتين للنفس فحسب ، لأنهما يُعدان أسمى صورة من صور النقاء . أما رأيه القائل بأن "الأشياء أساسها أعداد"، ففيه بالطبع تجاوزاً عن قولنا أن هناك علاقات عددية بين الأشياء ، أو أن قوانين الطبيعة=

٢- انه إفتقر إلى الترابط النسقى للبراهين الرياضية المتفرقـة كما هو الشأن فى المنهج الرياضى الآن. وإن كان يُذكر لـه إبرازه لفكرة المعرفة العلميـة على حقيقتها، أعنى فكرة الإستدلال على صدق القضايا وعموميتها.

ولاشك أن شهرة "فيثاغورث" الحقيقية إنما ترجع أولا وأخيراً إلـى نظريته الوحيدة المعروفة باسمه، والقائلة بأن "مساحة المربع المقام على الوتر فى مثلث قائم الزاوية تساوى مجموع مساحتى المربعان المقامـان علـى الضلعين الآخرين"(٣٥).



ومعنى هذا أنه لوكانت القطعتان أب ، ب جـ هما ضلعى مربع ما، وكانت القطعة أجـ هـى قطره، فلابد وأن يكون مربع القطعة أجـ مساوياً لضعف مربع أياً من القطعتين أب أو ب جـ . وبحيث يكون طول أجـ فى كل مرة نُطبق فيها النظرية عدداً صحيحاً يمكن قياسه بوحدات معقوله مما يُقاس به الضلعان الآخران(٣٦).

=يمكن التعبير عنها بأشكال رياضية . ففى رأى فيثاغورث وأتباعه ، هناك شيئاً مقدساً فى الأعـداد ذاتها ، ومن ثم فهى تُعبر عن الكيف مثلما تُعبر عن الكم .

أنظر: ريكس وورنر : فلاسفة الإغريق (ترجمة عبد الحميد سليم ، الهيئة المصريـة العامة للكتـاب ، القاهرة ، ١٩٨٥) ص ص ٢٣ - ٢٤ .

also :Runes dict . of philo ,item "Pythagoreanism ",pp 275-76.

(35) Russell ,Our Knowledge . . . , p . 166.

(٣٦) د. محمد عامر : إنهيار اليقين (مقال بمجلة عـالم الفكـر ، المجلـد العشـرون ، العـدد الرابـع ، الكويت ، ١٩٩٠) ص ص ٦١-٦٢

ورغم إتفاق هذه النظرية مع العقيدة الفيثاغورية القائلة بأن الأعداد الصحيحة أساس كل شئ، إلا أنها لم يُكتب لها البقاء طويلا، حيث لم يكد "فيثاغورث" يحتفل بإكتشافه الكبير حتى أثبت واحد" من أتباعه، ويدعى "هيباسوس" Hippasus زيف الأساس المنطقى للنظرية، وبرهن بسهولة على أن مربع العدد الصحيح لايمكن أن يكون مساوياً لضعف مربع الآخر، لأن هناك عدم تناسب أو عدم تقايس عددى بين أضلاع المثلث. وبذلك تشهد الرياضيات أول أزمة فى تاريخها، ألا وهى أزمة الأعداد "اللاقياسية incommensurable أو "الصماء" irrational ، أى تلك التى لاتخضع لعملية الجذر التربيعى فى أعداد مُنتهية يمكن قراءتها، كجذر ٢ مثلاً(٣٧).

١٢- وقد يكون من المفيد أن نعرض لبرهان "هيباسوس" هذا، لنر كيف إرتفع الذهن اليونانى القديم بالعلم إلى قمة التجريد العقلى، مما كان له إنعكاسه المباشر على رؤيتنا للعالم:

لنفرض أن نسبة القُطر إلى الضلع فى مربع ماهى أ/ب، بحيث يكون أ، ب عددين طبيعيين ليس لهما عامل مشترك (أى عدد فردى وعدد زوجى). حينئذ، وبمقتضى نظرية فيثاغورث :

$$أ^٢ = ٢ ب^٢$$

ومن هذه المعادلة نستنتج أن $أ^٢$ ، أ عددان زوجيان. وطالما كانت أ عدداً زوجياً، فإنها يمكن أن تساوى مثلا ٢جـ . ومن ثم فإن $أ^٢ = ٤جـ^٢$. ولكن لو أن $٤ جـ^٢ = ٢ب^٢$ ، $٢جـ^٢=ب^٢$، فإن $ب^٢$ وكذلك ب يجب أن يكونا عددين زوجيين أيضا. وبالتالى فليس لكل من أ، ب عامل مشترك، وهو ما يناقض

(37) Lucas, J.R: A Treatise on time and Space, Methuen & Co.Ltd.,London , 1973 ,p33.

فرضيتنا الأولى. وعلى هذا لايمكن أن تكون النسبة أ/ب مساوية لعدد مُنطق[٣٨]* .

١٣- وقد تستطيع الرياضيات الحديثة أن تستوعب هذا البرهان دون أية صعوبة منطقية، إلا أنه كان مدمراً تماماً لمذهب فيثاغورث. فالعدد الصحيح عنده - كما ذكرنا - هو الجوهر المكون لكل الأشياء، ومع ذلك لايوجد عددان يمكن أن نُعبر بهما عن نسبة القطر إلى الضلع فى أى مربع. ولذا ركز فيثاغورث وأتباعه كل جهودهم فى حل هذه المشكلة. ولم يكن لديهم فى بادئ الأمر سوى طريقين متعاقبين ينبغى السير فيهما: أما أولهما فأن يجمعوا بالإستقراء كل ثالوث من الأعداد الصحيحة (المعبرة عن أطوال أضلاع المثلث القائم الزاوية) لايؤدى إلى عدد أصم. وأما ثانيهما فأن يحاولوا

---

(38) Ibid.

* يعرض "رسل" هذا البرهان بصورة مختلفة قليلاً ، وإن كانت تؤدى إلى نفس النتيجة حيث يقول: لنفرض أن نسبة القطر إلى الضلع فى مربع ما هى س/ص، عندما يكون س،ص عددين صحيحين ليس لهما عامل مشترك. ∴س٢=٢ص٢ وفقاً للنظرية . والآن مربع العدد الفردى هو بالضرورة عددٌ فردى ، لكن س٢ بما أنها تساوى ٢ص٢ فهى عدد زوجى ، ومن ثم فإن س يجب أن تكون عدداً زوجياً . وبما أن مربع العدد الزوجى يقبل القسمة على ٤ ، فإن ص٢ التى هى نصف س٢ ، وكذلك ص ، يجب أن يكونا عددين زوجين . ولكن بما أن س عددٌ زوجى، وليس لـ س، ص عامل مشترك ، فلابد وأن تكون ص عدداً فردياً . وبهذا تكون ص عدداً فردياً وزوجياً فى آن واحد ، ولذلك فإن القطر والضلع فى أى مربع لايمكن أن تكون لهما نسبة منطوقة. ويشير رسل فى هذا الصدد إلى أن إكتشاف "هيباسوس" لهذا البرهان كان وبالاً عليه ، إذ قام الفيثاغوريون بإغراقه فى البحر عقاباً له على كفره بمذهبهم وبوحه بما إعتبروه سراً عميقاً لاينبغى إفشاؤه .

See Russel : OP. Cit ,p 167n ,p168,

تحديد العدد الأصم بوضع أقرب سلسلتين إليه من الأعداد الكسرية، إحداهما بالزيادة، والأخرى بالنقصان، فيقع العدد الأصم بينهما[٣٩].

لكن ذلك لم يؤد إلى حل قاطع للمشكلة، حيث ظل العدد الأصم حائلا دون تحديد قطر المربع بعددٍ صحيح. فما كان منهم إلا أن رمزوا للأعداد بالنقاط Points ، وبترتيب هذه النقاط فى أشكال هندسية كالمستقيم والمثلث والمربع والمخمس والكثير الأضلاع، يمكن الحصول على الأعداد المستقيمة والمثلثة والمربعة . . . وهكذا. أى أنهم لم يجدوا سبيلاً أمامهم سوى إخضاع الحساب للهندسة، ولعل هذا ما يُفسر تقدم الهندسة اليونانية وقيامها كعلم ناضج فى مقابل علم الحساب الذى عاقه العدد الأصم عن التطور إلى جبر وتحليل[٤٠].

١٤- وباكتشاف الأعداد اللاقياسية وتمثيلها هندسياً، يبدأ مفهومى الاتصال واللاتناهى أولى مراحل تحديهما للعقل الإنسانى. فلو إفترضنا - تبعا للنهج الفيثاغورى - أن أى خط هندسى متصل يتألف من نقاط ، فإن وجود الأعداد اللاقياسية سيظهر على الفور أن كل طول متناه، يجب أن يحتوى عدداً لامتناهيا من النقاط . بمعنى أننا لو ألغينا نقاط الخط واحدة بواحدة، فلن نلغى أبدا كل النقاط ، ولن نستطيع أن نواصل عملية العد إلى ما لا نهاية[٤١]. إننا إذن أمام كيان جديد، يمكن أن نسميه بـ "المجموعات اللامتناهية" Infinite Collections. وهذه الأخيرة هى المصدر الأساسى لما ندعوه بـ

(٣٩) د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة ، ص٣٥.

(٤٠) نفس الموضع .

(41) Russell : OP . Cit , P169.

"المفارقات" paradoxes وهى " تلك التى يؤدى التفكير فيها حتى يومنا هذا، إلى تكوين متناقضات منطقية[٤٢].

على أن هذه المفارقات لم تكن لتُثار على نطاق واسع لولا أنها قد صادفت " زينون الإيلى" ، الذى كان فى أمسّ الحاجة إلى ما يدفع به سخرية الخصوم عن أستاذه "بارمنيدس" ، فأفاد منها، وأحسن إستغلالها، ووضع بها حُججا مُترابطة، تمثل فى جُملتها مذهبا متناسقا إلى حد بعيد. ومنذ ذلك الحين، لم يستطع واحد من الفلاسفة أن يُقاوم الميل إلى حل المشكلات التى أثارها زينون، ولا يوجد فيلسوف إلا وقال كلمته الأخيرة عن "أخيل" [٤٣] . أما الفهم المنطقى لتلك المفارقات، فلم يتيسر إلا بظهور نظرية المجموعات لـ "جورج كانتور" فى أواخر القرن التاسع عشر [٤٤].

ولما كان "بارمنيدس " هو الباعث الحقيقى لمفارقات " زينون"، فلابد لنا من وقفة قصيرة عند رؤيته الميتافيزيقية للعالم.

ب - بارمنيدس Parmenides (٥٤٠-؟ ق.م).

١٥ - مع " بارمنيدس " ، يمكن أن نُردد مقولة "هيجل" Hegel (١٧٧٠ - ١٨٣١) بأن "التفلسف الحقيقى" قد بدأ[٤٥]، إذ نكون حينئذ مع أول من بحث فى حقيقة الوجود، لا لأغراض سرية كما كان الأمر لدى الفيثاغوريين، وإنما

---

(42) Ibid.

(٤٣) د. على سامى النشار وآخرون : ديموقريطس :فيلسوف الذرة وأثره فى الفكر الفلسفى حتى عصورنا الحديثة . (الهيئة المصرية العامة للكتاب ، منطقة الإسكندرية ، ١٩٧٠) ص ٣١٧ .

(44) Loc .Cit.

(45) Hegel , G.W.E. : collected works (Edition of 1840) , vol xiii , p274 , Quoted by Russell ,OP. Cit, p. 170n .

لأغراض محض منطقية. وتلك هي الفلسفة الحقة بالمعنى العصرى للكلمة(٤٦).

أما مذهبه فقد لخصه لنا فى ثنائية شعرية تصف طريقى "الحقيقة" Truth و"الرأى" Opinion ، مما يذكرنا بمصطلحى "الظاهر" Appearance و"الحقيقة" Reality لـ"برادلى" Bredley (١٨٤٦-١٩٢٤) ، إلا أن "بارمنيدس" أخبرنا عن الحقيقة أولا ثم عن الظاهر(٤٧).

وطريق الرأى عنده هو بوجه عام المذهب الفيثاغورى القائل بـ "الكثرة": كثرة الأعداد والنقاط المنفصلة. ولما كان بارمنيدس لايؤمن بهذا الطريق، فسوف نحصر إهتمامنا فى القسم الأول من قصيدته الشعرية .

١٦- يبدأ "بارمنيدس" هذا القسم بالتمييز بين "ما هو موجود" و"ماهو غير موجود"، مؤكداً على أن الحقيقة تنحصر فيما هو موجود، لأنه ببساطة ما يمكن التفكير فيه والنطق به. أما ماهو غير موجود فلا يمكن أن يوجد، لأنه من المستحيل التفكير فى "اللاشئ" على أنه شئ له وجود. فلايمكن أن يكون هناك وجود للفراغ ، ولايمكن أن تكون هناك مسافات بين الأشياء، ولا بدايات أونهايات زمنية للأشياء. فالكون واحد سرمدى أزلى، والحركة والتغيير لايمكن إدراكهما، وإذا كانت حواسنا توحى لنا بأن الأشياء تتحرك وتتغير، فحواسنا إذن تخدعنا(٤٨).

يقول " بارمنيدس" على لسان معهودته التى أخبرته عما تكون الحقيقة :

---

(٤٦) ريكس وورنر : فلاسفة الاغريق ، ص ٣٤ .

(47) Loc. Cit .

(٤٨) ريكس وورنر : المرجع السابق ، ص ٣٥.

"إن ما هو موجود غير مخلوق uncreated ، لا يفنى indestructible، لايتغير unchanging ، لايتجزأ indivisible : إنه ثابتٌ في أربطة من الأغلال القوية، بدون بداية وبدون نهاية، لأن المجيئ إلى الوجود والزوال قد إستُبعدا، والإيمان الصادق ألقى بهما بعيدا"(٤٩) .

وهكذا يبدو " عالم " بارمنيدس كجسم ثابت، متماسك تماما، لامنقسم، أبدى ونهائى. أما الحركة والتغير والماضى والحاضر، فليست سوى أوهام تخدعنا بها حواسنا، أو هى بالأحرى مجرد حلم يمنحنا حقيقة زائفة. أليست الحركة تستلزم الفراغ، وهو لا شئ وغير موجود، بل ألا يستلزم الزمان أن يأتى إلى الوجود ما هو غير موجود ، وقد علمنا أن ما لا يوجد لايمكن التفكير فيه لأنه بلا معنى ؟ (٥٠)* .

---

(49) Burnet , G. : Early Greek philosophy. (2 nd ed, London, 1908, pp 175-75, Quoted by Russell, OP Cit, p 170.

(٥٠) أنظر د. على سامى النشار وآخرون : ديمقريطس ، ص ١٤٧.

* تذكرنا فكرة "بارمنيدس" القائلة بأن "اللاموجود لايمكن التفكير فيه" بمقولة "باركلى" التى أطلقها فى العصر الحديث حين قال بأن "اللامُعين مُمتنع التصور" ، منتقدا بذلك عملية الإسقاط العقلى على العالم التى قام بها العلماء فى محاولتهم التوفيق بين "مفاهيم الرياضة البحتة" و "ظواهر التجربة المحسوسة" . الأمر الذى كان بمثابة البداية لما عُرف بحركة تحسيب الرياضيات ، وردها إلى أصولها المنطقية المجردة . (راجع الفقرات ٣٩ وما بعدها) . وهذا إن دل على شئ ، فإنما يدل على تواصل الأفكار الفلسفية والعلمية عبر العصور المختلفه . وهو ما تؤكده شواهد أخرى واضحة، فما كدنا ننتقل من "بارمنيدس" إلى "زينون" ، حتى وجدنا بينهما "أناكساجوراس" Anaxagoras يبحث عن الجوهر المادى ، ويحاول إسترجاع عالم الظواهر الذى كاد أن يُحطمه منطق بارمنيدس ، فيُعرّف المادة بأنها "سلسلة متعاقبة من العناصر المترابطة والمتصلة القابلة للإنقسام إلى مالانهاية" ، وهو تعريفٌ يقترب كثيرا من تعريف "آينشتين" و "رسل" للمادة – فى القرن العشرين–بأنها "سلسلة من الحوادث المتداخلة والمتعاقبة" . (ف ١٠٠) فإذا أضفنا إلى ذلك=

لا وجود إذن للانفصال في أي موضع من مواضع الكون، فالكون وحدة واحدة لا تقبل الإنقسام، لا إلى عناصر متناهية، أو إلى عناصر منقسمة بدورها إلى ما لا نهاية. وتلك هي الفكرة الرئيسية التي صاغ "زينون" حججه دفاعا عنها.

جـ- زينون الإيلى Zeno of Elea (٤٩٠-٤٣٠ ق.م).

١٧- بعد بارمنيدس ، كان المسرح الفلسفي في اليونان مستمراً في عرض المنهج الرياضي للمذهب الفيثاغوري. بل وزاد عليه فصولا من التهكم والسخرية ضد كل من ينادي بامتناع الكثرة plurality والحركة motion . ورغم قوة الحجة المنطقية لبارمنيدس، إلا أنها لم تكن شفيعا له يثني الخصوم عن مهاجمته، إذ كيف يكون العالم كُلاً واحداً متصلاً، وهو الذي في جوهره نسقٌ من الأعداد المنفصلة ؟ . ألا يعني ذلك بطلان السر المقدس لتلك الاعداد؟ .

ولم يزل الأمر كذلك حتى إنبرى " زينون " ، تلميذ " بارمنيدس" وابن موطنه، للزود عن طريقة أستاذه، مستغلا في ذلك نقطة الضعف لدى الخصوم، ألا وهي هروبهم من الأعداد اللاقياسية، وتصورهم للخط المستقيم كتأليفٍ من نقاط منفصلة، وما يمكن أن ينتج عن ذلك من متناقضات منطقية.

=تصور "أناكساجوراس" للعقل كعلة أولى تُضفي النظام والترتيب على العالم المادى ، وهو ما سنجده واضحاً عند "نيوتن" إمام التجريبيين في العصر الحديث (ف٣٢-٣٤) يحق لنا أن نقول مع أرسطو أنه "لو قورن بكافة الفلاسفة في عصره لبدا كشخص في كامل وعيه وسط حشدٍ من السكارى . ولولا أن ما تبقى من أعماله لايزيد على مجموعة من المبادئ العامة والمتفرقة التى لاترقى إلى مرتبة النظرية العلمية أو النسق الفلسفي، لكانت آرائه أولى بالعرض من غيرها. أنظر : ريكس وورنر فلاسفة الإغريق . ص ص ٤٤-٤٥.

وهكذا وضع "زينون" مجموعتين من الحجج، احداهما ضد الكثرة، والأخرى ضد الحركة ومع أن مؤرخي الفلسفة حاولوا التمييز بين المجموعتين، الا أنهما فى الواقع مترابطتان تماما فإذا كان زينون ينفى الحركة، فإنه فعل ذلك لأنه ينفى الكثرة. فالحركة تفترض الزمان والمكان، وهما إمتدادان عنده، ولما كان الإمتدادان غير مركبين -أو بتعبير زينون: غير متعددين- فإن الحركة فيهما غير ممكنة[٥١]. ولكننا لأغراض بحثنا نهتم فقط بحججه الأربع ضد الحركة، حيث كانت فى الحقيقة هى الأوسع إنتشاراً والأبعد تأثيراً عبر تاريخ العلم والفلسفة.

وقبل أن نعرض لتلك الحُجج، تنبغى الإشارة إلى أنها ليست إثباتاً مباشراً لقضايا بارمنيدس، ولكنها بمثابة تفنيد لآراء الخصوم، وهو مانُسميه الآن بـ " برهان الخُلف " Reductio ad absurdum، الذى كان "زينون" أول من استخدمه باستنباطه لنتائج باطلة تلزم عن القول بالتعدد المطلق والحركة الدائمة[٥٢]. ومعنى ذلك أن الجديد الذى أتى به - بالنسبة لمذهب بارمنيدس- لم يكن النتائج التى توصل إليها، وإنما الأساليب التى دعّم بها تلك النتائج[٥٣]. وحتى يُغلق كافة المنافذ أمام محاوريه، خصص "زينون" الحجتين الأولى والثانية لتفنيد الإفتراض القائل بإمكانية الإنقسام اللامتناهى infinite

(٥١) د. على سامى النشار وآخرون : ديموقريطس ، ص ٣١٨.

(٥٢)د. محمود فهمى زيدان : مناهج البحث الفلسفى (الهيئة المصرية العامة للكتاب . منطقة الاسكندرية ، ١٩٧٧) ص٢٩.

(53) See Stace , W.T. · Acritical history of Greek , London , 1941 , p . 52.

نقلا عن د. إمام عبد الفتاح إمام المنهج الجدلى عند هيجل (دار المعارف القاهرة . ط٢ ١٩٨٥) ف٣٠ . ص٥٢

divisibility للزمان والمكان إلى ما هو منقسم دائما. بمعنى أنهما لايتألفان من عناصر. أما الحجتين الثالثة والرابعة فقد توجه بهما إلى فرض اللامنقسمات indivisibles ، وهو الرأى القائل بأن الزمان والمكان يتألفان من عناصر لاتنقسم(٥٤).

١٨- **الحجة الأولى: "القسمة الثنائية"** Dichotomy . وتعرف كذلك بحجة "المضمار" أو "حلبة السباق" The race cource ونصها مايلى : "لاحركة، لأنه ينبغى على المتحرك أن يبلغ نصف الطريق قبل أن يصل إلى آخره"(٥٥) . وبعبارة أخرى: أى حركة مهما كنا نفرض وقوعها، فإنها تفترض من قبل حركة أخرى هى نصفها، وهذه بدورها لابد وأن تسبقها حركة ثالثة هى رُبعها، وهكذا إلى ما لانهاية. وعلى ذلك هناك تراجع لانهائى فى مجرد فكرة أية حركة(٥٦).

هذه الحُجة - كما ذكرنا - تفترض إمكانية القسمة اللامتناهية للزمان والمكان، فالعدّاء المنطلق من النقطة (س) لايمكن أن يصل إلى الهدف (ص) إلا بعد إجتياز متعاقب لأنصاف المسافة. وهذا يعنى أن الفواصل الفرعية للمسافة (س ص) = س ص/$٢^{ن}$ ، حيث ن=١،٢،٣،... إلى مالا نهاية(٥٧). ولو إفترضنا أنه يقطع المسافة (س ص) فى زمن قدره "يوم"، فلابد وأن يقطع نصفها فى "نصف يوم"، وربعها فى "ربع يوم"، وثُمنها فى "ثُمن يوم"، وهكذا

---

(54) Russell , OP. Cit , p . 174.

(٥٥) أرسطو : الطبيعة ، جـ ٢ ، م٦ ، ٢٣٩ ب ٩ ، ص ٧١٣.

(٥٦) رسل : أصول الرياضيات ، جـ ٣ ، ص ٢٠٣.

(57) Vlastos , Gregory : "Zeno of Elea" , in Ancyc . of philo . , op . Cit , Vol (8) , p.372 .

إلى مالانهاية[٥٨]. ومعنى هذا أن حركة العداء لايمكن ان تبدأ، لأن إتمام أفعال لامتناهية فى فترة زمانية متناهية هو شئ مستحيل منطقيا[٥٩].

١٩- **الحُجة الثانية : " أخيل والسلحفاة "** Achilles and tortoise وهى أشهر حُجج "زينـون"، وإن كـانت تقـوم علـى نفس الفرض السـابق، وهـو أن الزمان والمكان منقسمان إلى ما لانهاية.

تقول الحُجة: "أسرع سريع فى العدو لا يمكن أن يلحق بأبطأ بطئ، لأنـه ينبغى على المُطارِد أن يصل أولا إلى النقطة التى رحل منها الهارب، وبذلك يبقى الأبطأ متقدما دائما بالضرورة[٦٠] .

ولو حللنا هذه الحُجة إلى عناصر مُسلسلة لوجدنا أنها تسير على النحـو التالى[٦١]:-

(١) لنرمز للمطـارد بـ " أخيل "- وهـو أسـرع عدائـى اليونـان القدامـى- وللهارب بالسلحفاة، بحيث تكون الأخيرة متقدمة بمسافة ما عن أخيل.

(٢) أخيل والسلحفاة متعاصرين contemporary فـى حركتيهمـا. أى أنهمـا يبدآن الحركة وينتهيان منها فى نفس اللحظة.

(٣) الفواصل intervals التى يعبرانها متطابقـة. أى أن الفـاصل الـذى تعبره السلحفاة هو بعينه الذى سيعبره أخيل.

(٤) سوف يلحق أخيل بالسلحفاة إذاً، وإذا فقـط، وصـلا إلـى نقطـة بعينهـا فـى نفس اللحظة.

---

(٥٨) أنظر شرح يحى بن عدى وأبو على بن السمح على كتاب أرسطو : الطبيعة ، جـ٢ ، م٦ ، ص ٦٢٧.

(59) Loc. Cit .

(٦٠) أرسطو : الطبيعة ، جـ٢ ، م٦ ، ٢٣٩ب١٤ ، ص ٧١٣.

(61) Op . Cit , p 374.

(٥) على أنه فى نهاية كل نقطة لأخيل نجد السلحفاة وقد تحركت إلى الأمام.
(٦) إذن أخيل لن يُمسك أبداً بالسلحفاة.

وعلى الرغم من أن هذه الحجة تختلف من حيث الشكل عن سابقتها، إلا أن مادة البناء فيهما واحدة. فأخيل لن يتمكن من قطع المسافة الفاصلة بينه وبين السلحفاة ، لأن أنصافها لا نهاية لها، فهو إذن مشغول دائما بقطعها. أما السلحفاة فقد قطعتها، وهى مشغولة بما زاد عليها(٦٢). ومعنى ذلك أنهما لن يتحركا من مكانيهما، تماما كما تفترض الحُجة الأولى. ولكن "زينون" أراد هنا أن يُثبت إمتناع الحركة بإمتناع إحدى بديهياتها، وهى أن الأسرع لابد وأن يلحق الأبطأ. وطالما كانت النتيجة فاسدة، فالمقدمة إذن فاسدة.

٢٠- الحجة الثالثة: "السهم" The Arrow.

وهى تشترك مع الحُجة الرابعة فى دحض الإفتراض القائل بأن الزمان والمكان يتألفان من عناصر. أى أنهما ينقسمان إلى "آنات" Instants ونقاط. وقد إختلف الباحثون حول هذه الحُجة، حيث شكّك مترجم النص إلى الإنجليزية فى رواية أرسطو، فأوّلها حسبما إرتأى أنه الأصوب، ولكنه فى الحقيقة أفقد الحُجة قُوتها(٦٣). وحتى لانضل بين هذا وذاك، فسنعرض للنصين ثم نُمايز بينهما.

تقول الحجة فى نصها المترجم إلى الإنجليزية: "السهم لايتحرك فى مكانٍ هو ليس فيه، وهو لايتحرك كذلك فى المكان الذى هو فيه. ولما كان السهم موجوداً فى مكانٍ مساوٍ لنفسه a place equal to itself ، وكل شئ يبقى

(٦٢) أنظر شرح أبو الفرج بن الطيب على كتاب أرسطو السابق، جـ٢، م٦ ، ص ٧١٧.
(63) Russel , OP. Cit, p. 179.

ساكنا rest عندما يوجد فى مكانٍ مساوٍ لنفسه، فالسهم الطائر فى سكون دائماً"(٦٤).

أما النص الأرسطى فيقول: "لو أن كل شئ يسير بشكلٍ منتظم هو دائماً فى سكون أو حركة*، وكل مُتحرك هو دائماً فى "الآن"، وكل ماهو فى "الآن" فهو فى مكانٍ مساوٍ لنفسه، فالسهم المتحرك فى سكون دائماً"(٦٥).

ولاشك أن النص الأرسطى هو الأقوى ،لأن الحُجة فى منطوقها المترجم إلى الإنجليزية تفتقد الترابط بين الأماكن والأزمنة. وهو شرط أساسى تستند إليه الحُجة، وبدونه لايمكن أن تقوم الحركة.

ومن الواضح أن هذه الحُجة تفترض مقدماً تتالى النقاط والآنات. فإذا كان السهم الطائر يستغرق عدة "آنات" ليعبر عدة "نقاط"، فمعنى ذلك أنه فى كل "آن" زمانى يحتل "نقطة" مكانية مقابلة. وبالتالى تمتنع حركة السهم لأن كل ما هو فى "الآن" هو فى مكان مساوٍ لنفسه، وما هو فى مكان مساوٍ لنفسه، هو فى سكون دائماً. وعلى العكس من ذلك، لو أن السهم قد تحرك فى "الآن" أو فى "النقطة"، فمعنى ذلك أنهما مُنقسمان، ومن ثم نعود أدراجنا لنقع فى براثن الحُجتين الأولى والثانية.

---

(64) Ibid, also Vlastos, OP. Cit , p.374.

* مرة أخرى نضع خطا تحت عبارة "هو دائماً فى سكون أو حركة" ، ونقارن بينها وبين قانون "نيوتن" الأول فى الحركة، القائل بأن "كل جسم يحتفظ بحالة السكون أو يسير بحركة منتظمة فى خط مستقيم مالم يُجبر على تغيير تلك الحالة من قبل قوى مؤثرة (ف٣٣) ، مع ملاحظة أن "نيوتن" كان يأخذ بما تفترضه الحُجة، وهو أن المكان والزمان مؤلفان من نقاط وآنات. لاشك أن التشابه واضح بين منطوقى الحُجة والقانون، مما يؤكد فرضيتنا السابقة التى زعمنا من خلالها تواصل الأفكار العلمية والفلسفية بين الفكر القديم، لاسيما اليونانى، والفكرين الحديث والمعاصر.

(٦٥) أرسطو : الطبيعة ، جـ٢ ، م٢ ، ٢٣٩ب٥ ، ص ٧١١.

٢١- الحُجة الرابعة: "الملعب" The Stadium .

وتُعرف أحياناً بحُجة " المجاميع المتحركة " The moving blocks، وبيانها كالتالى: "نصف الزمن يمكن أن يكون مساوياً لضعفه"(٦٦). ولكى نُفصّل ذلك دعنا نفترض ثلاثة صفوف متوازية فى الملعب (أ أ - ب ب - حـ حـ)، كل منها منقسم إلى ستة مقادير متماثلة تماماً. وأن الصف الأول أ أ ساكن بلا حركة فى منتصف الملعب، بينما الصفان الآخران يتحركان بسرعة واحدة فى إتجاهين متضادين، وبحيث تكون أوضاع الصفوف الثلاثة قبل الحركة وبعدها كما فى الشكلين التاليين:

الوضع الأول:

أ١ أ٢ أ٣ أ٤ أ٥ أ٦

ب١ ب٢ ب٣ ب٤ ب٥ ب٦ ←———

———→ حـ١ حـ٢ حـ٣ حـ٤ حـ٥ حـ٦

الوضع الثانى :

أ١ أ٢ أ٣ أ٤ أ٥ أ٦

ب١ ب٢ ب٣ ب٤ ب٥ ب٦

حـ١ حـ٢ حـ٣ حـ٤ حـ٥ حـ٦

والآن هيا نتأمل الإنتقال الحركى من الوضع الأول إلى الثانى: لاشك أن ب٦ قد قطعت الألفات الثلاثة (أ٤،أ٥،أ٦) فى زمنٍ ما، ولكنها فى نفس هذا الزمن تكون قد قطعت الجيمات الستة. وكذلك الأمر بالنسبة لـ حـ١ التى تقطع الألفات الثلاثة (أ٣،أ٢،أ١) والباءات الستة فى نفس الزمن . ولما كانت

---

(٦٦) نفس المرجع ، جـ٢ ، م٦ ، ٢٣٩ب٣٣ ، ص ٧١٥.

الصفوف الثلاثة منقسمة بالتساوى ، والسرعة واحدة للصفين ب ب، حـ حـ ، فلابد وأن يكون الزمن المنقضى مساوٍ لضعفه(٦٧).

ومن السهل أن نلاحظ هنا أن "زينون" يُغالط بأن المتحرك على متحرك كالمتحرك على الساكن، وهو بالطبع إفتراض كاذب(٦٨). لكن الحُجة تفضى إلى إستنتاج آخر أكثر أهمية. ولنعد مرة أخرى إلى الوضع الثانى، ولنفرض أنه الوضع الأول الأساسى. ففى اللحظة الأولى تكون ب١ فوق حـ١ وتحت أ١، أما فى اللحظة التالية من بدء الحركة، فسوف يكون الصف الصف الثانى ب١ ب٦ قد تحرك خطوة واحدة إلى اليمين ، بينما يكون الصف الثالث جـ١ جـ٦ قد تحرك خطوة واحدة إلى اليسار. حينئذ ينتج الشكل التالى:

أ١ أ٢ أ٣ أ٤ أ٥ أ٦

← ب١ ب٢ ب٣ ب٤ ب٥ ب٦

حـ١ حـ٢ حـ٣ حـ٤ حـ٥ حـ٦ →

وهنا يحق لنا أن نتساءل: متى مرت ب٢ بـ حـ١؟ أو متى مرت ب٦ بـ حـ٥ ؟. لابد إذن أن يكون هناك مكان آخر بين اللحظتين اللتين إفترضنا أنهما متعاقبان. وأنهما لذلك لايمكن أن يكونا متعاقبتين بالفعل.

ويتبع هذا أن أى فاصل زمنى لابد وأن يحتوى على عدد لامتناه من اللحظات(٦٩). وهكذا توصل "زينون" دون أن يدرى إلى مبدأ الاتصال القائل

---

(٦٧) أنظر شرح يحى بن عدى على كتاب أرسطو السابق ، جـ٢ ، م ٦ ، ص ٧٢٢.
(وقد ورد الشرح دون رسم ولكنى آثرت وضعه لآن الحُجة لاتستقيم بدونه).

(٦٨) نفس الموضع.

(69) Russell , OP. Cit , p 182.

وقد استخدمت الرسم السابق دون أن أعرض لرسم "رسل" ، طالما أنهما يؤديان إلى نفس النتيجة.

بوجود حد ثالث بين أى حدين معلومين. وأنه لاتوجد لحظات أو نقاط متعاقبة. ولكن تبقى أمامنا متناقضات العدد اللامتناهى دون حل.

٢٢- ومنذ زمن "زينون" وحتى وقتنا الراهن، لم تزل ردود الفعل تتوالى ضد هذه الحجج، ولم تزل تأثيراتها تتسع بل لقد كانت أساساً لبناءات علمية وفلسفية شكلت جوهر التطور الرياضى والفيزيائى على مدى الخمسة والعشرين قرناً التى تفصلنا عن "زينون" ولسنا فى حاجة إلى القول بأن هذه الحجج فى جوهرها حججاً عقلية، لا تُجدى إزاءها الحلول التجريبية، وعلى هذا نستبعد محاولة "ديوجينس"* الذى إستمع إلى الحُجج فنهض واقفا دون أن ينبس ببنت شفه ، وراح يمشى جيئه وذهابا فى أرض الغرفه يريد هدم الحُجج بالحركة المحسوسة(٧٠).

كذلك لم يكن الرد الأرسطى على الحُجج مقنعا للعلم بما فيه الكفاية، حيث ذهب "أرسطو" إلى أن المتصل، سواء كان زماناً أومكاناً أم حركة، يمكن قسمته بالقوة لا بالفعل. أى أن حركة المتحرك تتم بالفعل لأن التقسيم

---

* ديوجنس الأبولونى: Diogenes of Apollonia فيلسوف طبيعى، عاش فى أثينا فى النصف الثانى من القرن الخامس ق.م . قال بالهواء كمبدأ أول للحياة، ونسب إليه كل تغير، ويُقال أنه دوّن آراءه فى أربعة كتب هى: "عن الطبيعة"، "علم المعاجم"،"ضد السوفسطائيين"، "طبيعة الإنسان".

أنظر:د.عبدالمنعم الحفنى : الموسوعة الفلسفية.(دار ابن زيدون&مكتبة مدبولى،بيروت،القاهرة،ط١ ،بدون تاريخ)ص١٩٧.

(70) Hegel: the history of philosophy, trans by E.S.Haldane & Frances. H. Simson, Routledge & Kegan Paul, Ltd., Second impression, London, 1955, V.(1), P.268.

نقلا عن د. إمام عبدالفتاح إمام: المنهج الجدلى عند هيجل، ف٣٤، ص٥٦.

اللا متناهى لا يتم إلا فى عقل المتخيل فحسب(٧١). ولكننا لا نرى فى فلسفة أرسطو حداً فاصلاً لا يمكن عبوره بين ما هو بالقوة وما هو بالفعل، فالقوة والفعل مرتبطان عنده، وإلا إنهارت الصلة بين العقل والعالم، وبطُل بالتالى بحثه فى الطبيعة . وقد نستطيع الزعم بأن الحُجتين الأولى والثانية باطلتان، على أساس أن "زينون" لم يكن يعرف أن مجموع السلسلة اللا متناهية من الأعداد يمكن أن يكون متناهياً. فهو يقيم إفتراضه إنطلاقا من تصوره لاستحالة إتمام أفعال لا متناهية فى فترة زمانية متناهية، ولكن ما دام مجموع السلسلة: ١/٢+١/٤+١/٨. . . ∞ مساو للواحد الصحيح، فلا توجد صعوبة منطقية. ولكن يبدو أن هذا الحل أيضا غير كاف، لأنه لا يفيدنا أن نعرف أن مجموع السلسلة اللا متناهية يمكن أن يكون عدداً متناهياً، إذا عجزنا عن تفسير كيف تبدأ هذه السلسلة.(٧٢)

وبعبارة أخرى، أقام " زينون" حُججه وهو يعرف كمّ الصعوبات التى يمكن أن تنشأ عن تحيل العدد اللا متناهى: فمتى وكيف يبدأ هذا العدد؟ .هل هناك حدٌ فاصل تنتهى عنده الأعداد اللامتناهية ليبدأ بعده العدد اللامتناهى؟.

وإذا تجاوزنا هذه الصعوبة، فكيف نُطبق على الأعداد اللامتناهية خواص الأعداد المتناهية، كأن نُضيف أو نطرح مثلا؟.

خلاصة القول .. لم يترك لنا "زينون" سوى ثلاثة طُرق، يمكن أن ننجو من تلك المفارقات بالسير فيها، وهى(٧٣):-

---

(٧١) المرجع السابق، حـ١،م٣،٢٠٦ب١٢،١٣، ص٢٥٣.

(٧٢) إير، أ.ج: المسائل الرئيسية فى الفلسفة (ترجمة الدكتور محمود فهمى زيدان، المجلس الأعلى للثقافة، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية، القاهرة، ١٩٨٨) ص ٣٥.

(73) Russell: OP. Cit, P183.

١- إما أن نسلم - كما أراد " بارمنيدس" و" زينـون" - بـأن الزمـان والمكـان مجرد وهم، وأن الحركـة ليست سوى أخدوعـة حسية لأن العـالم مُصمـت تماما.

٢- أو أن نتبع أرسطو فنرفض التسليم بـأن الزمـان والمكـان يتألفـان مـن لحظات ونقاط لأن المتصل ينقسم - بالقوة لا بالفعل - إلى ما لا نهاية.

٣- أو أن نأخذ بمبدأ الاتصال، فنسلم مبدئيا بأن الزمان والمكان يتألفان من لحظات ونقاط ذات أعداد لا متناهية فى كل فاصل زمانى أومكـانى، وبشـرط أن نحاول خلال سيرنا الوصول إلـى حل لصعوبـات تلـك الأعداد وهذا هو الطريق الذى إتبعته الفيزياء مسترشدة بالنهج الرياضى، ولكن كـان عليهـا أن تنتظر طويلا حتى يضع "جورج كانتور" توقيعه النهائى إيذانـا بـالوصول إلـى حل فعلى لتلك الصعوبات المنطقية.

من الممكن إذن للحُجة الفلسفية أن تُلقى ضوءً على رؤيتنا للعـالم، ولكن هل بوسعها تغيير تلك الرؤية؟ هذا ما سنراه من خـلال تتبعنـا لتطـور مبـدأ الاتصال عبر مسيرة العلم.

ثالثـا: تطـور مبـدأ الاتصـال فـى العلـم: "مـن أرسـطو حتـى العصر الحديث".

٢٣- حينما نتحدث عن " الاتصال " كمبدأ علمى فإنما نعنـى بذلـك أنـه يُمثل مفهوما عاما أو أساسيا فى تاريخ العلم . ولا نغـالى إن قلنـا أن هـذا المبـدأ - عبر مراحله التطورية المختلفة- كان مرجعا للعلماء والفلاسفة فيما أقروه أو أنكروه من مبادئ ومفـاهيم، إنطلقـوا منهـا وعملـوا فـى إطارهـا، كالحتميـة - Deter minisn ، والسـببية Causality، والإطـراد Uniformity. فهـذه

جميعاً إرتبطت مباشرة ، سواء فى ثبوتها أو فى تصدعها، بمبدأ الاتصال: أعنى إتصال الأحداث والحركات خلال لحظات الزمان ونقاط المكان. وعلى هذا يحق لنا أن نصف المبدأ بأنه كان - ومازال - غُرفة الإنتظار المُفضية إلى الحقيقة.

ولما كان أرسطو هو أول من قدّم تعريفا علميا للاتصال، فمن الطبيعى أن نبدأ به.

(أ) أرسطو. Aristotle (٣٨٤-٣٢٢ق.م)

٢٤- بَحَثَ "أرسطو" فى الاتصال واللا تناهى من خلال دراسته للحركة. وما أفرده من صفحات بهذا الشأن فى كتابه " الطبيعة " يصفه " سارتون" بأنه أعظم خدمات أرسطو فى مجال الرياضيات، وأساسا لعلم "التكامل" الذى إكتُشف فى القرن السابع عشر(٧٤).

ولكلمة" حركة " عند أرسطو عدة معان ، وهى(٧٥):-

١- الحركة فى الجوهر: ويُسميها الكون والفساد. وهى خروج الشئ من العدم إلى الوجود أوالعكس، مُسميا العدم فسادا والوجود كونا.

٢- الإستحالة: وهى الحركة فى الكيف مثل التبييض والتسويد وما إلى ذلك.

٣- الحركة فى الكم: مثل الذبول والنمو والتخلخل والتكاثف وما إلى ذلك.

---

(٧٤) جورج سارتون: تاريخ العلم (تُرجم بإشراف د. إبراهيم بيومى مدكور وآخرون - الكتاب الأول: "العلم القديم فى العصر الذهبى لليونان" ، جـ٣، القرن الرابع، ترجمة د. عبدالحميد لطفى، دار المعارف، ط٣، ١٩٧٨) ص٢٠٤.

(٧٥) أ. أ. طيلر : أرسطو "المعلم الأول"(ترجمة محمد زكى حسن"نوفل"،مكتبة الخانجى،القاهرة ، ١٩٥٤) ص ص ٨٤-٨٥ .

٤- الحركة فى المكان: ويسميها بالنقلة، وتنقسم إلى المستقيمة العنصرية كهبوط الثقيل وصعود الخفيف. والمستديرة الفلكية وهى التى تكون فى مدار مستدير حول محور.

والحركة الأخيرة أهمها جميعا، لأن حدوثها يقع فى كل نحو من أنحاء الحركات المذكورة. وللحركة لواحق: فهى أولا تختص بالأجسام الطبيعية المتصلة، والمتصل إما أن يكون متناهيا أو لا متناهيا. وهى ثانيا تمتنع بدون زمان ومكان .(٧٦)

٢٥- أما " المتصل" فيُعرّفه "أرسطو" بأنه: " ما تكون فيه النهاية لشيئين متجانسين واحدة، بمعنى أن يكون لهما طرف واحد مشترك " (٧٧). وعلى هذا فالاتصال " إنما هو فى الأشياء التى من شأنها أن يكون منها شئ واحد بالاقتران ... مثال ذلك بالركز (أى الضم بالمسمار)، أو بالإلصاق، أو بالمماسة، أو باللحام"(٧٨).

وما دام المتصل مؤلفا من أشياء متجانسة، فمن الممكن إذن قسمته إلى ما لانهاية. لكن إنقسامه هذا بالقوة لا بالفعل. ولا عبرة بوهم الخيال، لأن الإنقسام يحدث فى عقل المتخيل لا فى الشئ. ولا ينبغى أن نأخذ لفظ " بالقوة " كما يُؤخذ فى قولنا " هذا تمثال بالقوة "، أى سيكون تمثالا، كأن هناك شيئا لا متناهيا سيتحقق بالفعل. كلا وإنما اللا متناهى بالقوة يبقى دائما بالقوة . ومن ثم فليس اللا متناهى " ما لا شئ خارجه "، بل إنه على العكس من ذلك

---

(٧٦) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة اليونانية، ص ١٤١ .

(٧٧) أرسطو : الطبيعة، حـ٢ ، مـ ٥ ، ٢٢٧أ ١٠ ، ص ٥٤٥ .

(٧٨) نفس المرجع ، ٢٢٧أ ١٤ ، ص ٥٤٦ .

"ما خارجه شئ دائما " فهو ضد التام والكامل. وبما أنه لا متناه، فهو لا مُدرك، لأنه مادة بلا صورة، وقوة لا تنتهى إلى فعل(٧٩) .

٢٦- والحركة عند أرسطو بجميع أنواعها واحدة ومُتصلة (٨٠) . لكن إتصالها يقتضى إتصال المكان والزمان، وذلك بإعتبار ما تقطعه الحركة من مكان، وما تستغرقه من زمان. فلو كان بالمكان أو الزمان إنفصالا لكان بالحركة أيضا، ولوقع فى موضع الإنفصال توقف فى الحركة الواحدة(٨١). ولما كان المتصل قابلاً للإنقسام بالقوة إلى ما لا نهاية ، فمن الطبيعى ألاّ يتألف من عناصر لاتنقسم (٨٢)* . فالمكان لا يمكن أن يكون مؤلفا من نقاط، ولا الزمان من آنات، ولا الحركة من تحريكات. ولو كان المكان مؤلفاً من نقاط ، لكان الخط المؤلف من عشرة نقاط خُمسه خط مؤلف من نقطتين.

---

(٧٩) يوسف كرم: المرجع السابق ، ص ١٤٢.

(٨٠) أرسطو : المرجع السابق ، ٢٢٧ ب٣ ، ص ٥٥٠.

(٨١) نفس المرجع السابق ، ٢٢٨أ ٢٦ & ٢٢٨ ب ، ص ص ٥٦٣- ٦٤ .

(٨٢) نفس المرجع ، م٦ ، ٢٣١أ ٢١ ، ص ٦٠٥ .

* لعل هذا ما حدا بأرسطو إلى إنكار الوجود الفعلى للجوهر الفرد أو الجزء الذى لا يتجزأ، وهى نتيجة نراها على أية حال متفقة بقوة مع ما أقرته الفيزياء المعاصرة وميكانيكا الكم، تلك التى تؤكد- كما يقول هايزنبرج- انه لا وجود للذرات كأشياء مادية بسيطة. فالذرة- أو ما هو أدق منها كالالكترون- ما هى إلا رمز رياضى يخلع على قوانين الطبيعة شكلا سهلا وواضحا، وهى تظهر تشابها بعيداً للجذر التربيعى لناقص واحد فى الرياضة ومن ثم فإن تبرير وجودها يكمن فى القضايا نفسها لا فى الواقع.

أنظر: فيرنر هايزنبرج: المشاكل الفلسفية للعلوم النووية (ترجمة د. أحمد مستجير، مراجعة د. محمد عبد المقصود النادى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٧٢) ص ٥٦ . وحول إنكار أرسطو للجوهر الفرد كشئ مادى بسيط، أنظر: د. على سامى النشار وآخرون: ديموقريطس، ص ٢٧٦.

ولأن هذا الخط متصل ، يجب أن تكون أواخر النقطتين واحدة - فهذا حد المتصل - فيكون للنقطتين آخر، والآخر إنما يكون آخراً لشئ. فإذن النقطة فيها شئ هو آخر وشئ آخَر ليس هو آخر، ولو كانت كذلك لم تكن غير منقسمة[٨٣] .

ومادام المكان منقسما إلى مالانهاية، فكذلك الحركة لأنها تجرى فى المكان، وكذلك أيضا الزمان لأنه عدٌّ للحركة وإحصاءٌ لها. فالثلاثة إذن سواء فى معنى الاتصال، وفى معنى الإنقسام إلى غير غاية[٨٤] .

ويُدلل أرسطو على إتصال الزمان وقابليته للقسمة اللامتناهية، بحُجة تستند إلى ثلاث ظواهر محسوسة، وهى[٨٥]:-

١- أن المتحرك الأسرع يقطع فى الزمان الأكثر مسافة أعظم من التى يقطعها الأبطأ فى زمان أقل.

٢- أن المتحرك الأسرع يقطع فى الزمان السواء مسافة أعظم من التى يقطعها الأبطأ فى مثل الزمان.

٣- أن المتحرك الأسرع يقطع فى الزمان الأقل مسافة مساوية للتى يقطعها الأبطء فى الزمان الأكثر .

وهكذا يمكن أن نواصل التقسيم المتناوب للزمان ما بين الأسرع والأبطأ إلى مالانهاية.

---

(٨٣) أرسطو : الطبيعة (شرح يحيى بن عدى ، وأبوعلى ابن السمح)، م ٦، ص ٦٠٦ .

(٨٤) نفس المرجع (شرح يحيى وأبوعلى)، م٦، ص٦١٩.

(٨٥) نفس المرجع (شرح يحيى وأبوعلى)، م٦، ص٦٢٠.

٢٧- والإتصال عند أرسطو أخيراً "مبدأ كونى". فالحركة عنده "قديمة"، وهو أمر" يوجبه ثبات العلة الأولى[٨٦]. وهى أيضا "أبدية" لأنها لاتنتهى إلا بإعدام الموجودات المُحركة والمُتحركة، لكن العلة الثابتة مفعولها ثابت[٨٧].

أما العالم، فهو عنده "واحد" و "متناه" لأنه جسم، والجسم يحده سطح بالضرورة، وهو أيضاً "مُنظم" و "قديم" بمادته وصورته وحركته وأنواع موجوداته. وهو لذلك "كرى"، لأن الدائرة أكمل الأشكال[٨٨] .

ولكى تكون الحركة قديمة، يجب أن تكون مُتصلة. ولكى تكون مُتصلة يجب أن تكون واحدة، لاسلسلة من الحركات المتمايزة والمتعاقبة.ولكى تكون واحدة، يجب أن تكون فى متحرك واحد، وعن مُحرك واحد ثابت. هذه الحركة يُسميها بالنقلة، والنقلة إما أن تكون مستقيمة، وهى الخاصة بحركة الأجسام القريبة من سطح الأرض، وإما أن تكون دائرية، وهى الخاصة بحركة فلك السماء[٨٩].

والحركة الدائرية هى الوحيدة التى يمكن أن تكون متصلة ولا متناهية، لان الحركة اللامتناهية لا يمكن أن تتم على خط مستقيم، ولا على خط مُنحن مفتوح، لأن لكل منهما طرفين يحدان الحركة. ولو فرضنا أن كل مُتحرك يعود أدراجه ويستأنف الحركة، لكانت كل حركة متناهية، ومهما جمعنا المتناهيات فلن نبلغ إلى اللا متناهى[٩٠] .

---

(٨٦) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة اليونانية، ص١٤٥.

(٨٧) نفس المرجع : ص١٤٧.

(٨٨) نفس المرجع : ص ١٤٨.

(٨٩) نفس الموضع. وأيضا أرسطو: الطبيعة، حـ٢،م٨، ٢٦١ب٢٧، ٣١، ص٨٩١.

(٩٠) نفس الموضع. وأيضا أرسطو : ٢٦٥ ب ١٣ ، ص ص ٩١٦ -١٧ .

٢٨- ولا شك أن أفكار أرسطو حول الاتصال الكونى قد ترتب عليها بعض الإستنتاجات الخاطئة.من ذلك مثلا إعتقاده بدوران الشمس حول الأرض الثابتة فى مركز الكون، وإعتقاده بأن المادة التى تتكون منها الكواكب تختلف فى جوهرها عن جميع عناصر الأرض. لكن تصحيح هذه الاخطاء فى العصر الحديث، لم يكن يستلزم هدم الإطار العام لنظريته فى الاتصال. بل لقد كان هذا الإطار مُنطلقا للعلم فى دراسته لطبيعة الزمان والمكان والحركة. الأمر الذى لا نملك إزاءه إلا أن نقول مع الفيزيائى النمساوى "إروين شرودنجر" E. Schrodinger (١٨٨٧- ١٩١٦) " أن علم الفيزياء بشكله الحالى هو النتاج المباشر للعلم القديم وإستمرار مُطرد له"(٩١).

ولا تفوتنا الإشارة بهذا الصدد إلى أن تصورات "أرسطو" للاتصال واللاتناهى، رغم ذيوعها الواسع من بعده، إلا أنها لم تلق قبولاً مطلقاً. ففلاسفة الأفلاطونية التقليدية مثلاً - ومنهم اللاهتيون الأوغسطنيون* - أقروا بشرعية الإنقسام الفعلى للمتصل إلى ما لا نهاية له من العناصر المنقسمة دائماً، ولم يكن مما يدخل فى دائرة إهتمامهم أن يقيسوا مدى إمكانية تطبيق هذا المفهوم على الخبرة الحسية،ذلك أن تصوراتهم الرياضية لم تكن تُجرّد من الخبرة الحسية، ولو بأقل وصف، بل كانت تصف الواقع، والواقع لم يكن يُدرك لديهم بالحواس، بل بالعقل(٩٢).

---

(91) Schrodinger,E.: Science and Hamanism, Cambridge University press, Cambridge, 1951,p.57.

نقلا عن: روبرت م. اغروس & جورج ن: ستانيو: العلم فى منظوره الجديد، (ترجمة د . كمال خلايلى، سلسلة عالم المعرفة، العدد ١٣٤ ، الكويت، ١٩٨٩) ص ١٢٨ .

* نسبة إلى القديس أوغسطين ST.Augustine (٣٥٤-٤٣٠م).

(92) Korner : Continuity , OP.Cit, p.205.

أيضاً بقيت الذرية الديموقريطية* كتيار فلسفي لـه قيمته، وشجعت محـاولات تفسير "المتصل" كنمط للنظام في فئة لا متناهية من العناصر اللا منقسمة(٩٣) .وهو التفسير الذي سيبرز بوضوح عند أقطاب العلم الحديث والمعاصر .

ب- جاليليو : G.Galileo (١٥٦٤-١٦٤٢)

٢٩ – مع بداية العصر الحديث، إتخذت ، مشكلة الاتصال والـلا تناهي بُعداً جديداً أُضيف إلى بُعدها الأنطولوجي ، ألا وهو البُعد الإبستمولوجي. فلم يعُد السؤال يدور فقط حول ماهية الاتصال كمبدأ وجودي ، علينا إقراره أو نفيه، بل أصبح يدور حول إمكانية الإمساك بنقاط المكان و آنات الزمان من أجل فهم العالم. وهكذا رفض "جاليليو" تفسير أرسطو الكيفي للإتصال، وأراد أن يضع بدلاً منه تفسيراً كمياً، به يتمكن من تحديد موضع الجسم الساقط في أية لحظة من لحظات سقوطه(٩٤). ولما كانت الرياضيات هي الأداة الوحيدة التي يمكن بها تحقيق ذلك، فقد آمن بأنها لغة الحركة. وأن الطبيعة كتاب مفتوح، كتبه الله بلغة الأعداد وعلاقاتها، لا بالمعنى الميتافيزيقي الذي قال به "فيثاغورث" (ف١١)، ولكن بالمعنى المادي القائم على القياس التجريبي(٩٥) . وبهذا النهج الرياضي، مال "جاليليو" إلى القول بالاتصال كمفهوم يعني إمكانية الانقسام اللامتناهي للمتصل إلى مجموعة من العناصر اللا مُنقسمة. وقدّم

---

* نسبة إلى ديموقريطس Democritus(٤٦٠-٣١٦ ق.م) .

(93) Loc.Cit .

(٩٤) أنظر : د محمود فهمي زيدان: الاستقراء والمنهج العلمي (مؤسسة شباب الجامعة، ط ٤، الاسكندرية ، ١٩٨٠) ص ص ٧٩-٨١ ، ص ص ١٤١ - ٤٣ .

(95) Collingwood , R.G : An essay on metaphysics, A gateway edition, Henry Regnery Company, Chicoago , 1972, pp 250-51.

بذلك أبحاثا هامة فى مجال إتصال الحركة، فصّلها فى كتابه الشهير " عن علمين جديدين " Ontwo new sciences الذى نُشر لأول مرة فى هولندا عام ١٦٣٨ ، أى قبل وفاته بسنوات قليلة. وقد شكلت هذه الأبحاث حجر الأساس للدراسات الفيزيائية اللاحقة. ومنها[٩٦]:-

١- برهن جاليليو على أن الأجسام الساقطة - من بُرج عال مثلا - لها نفس السرعة بغض النظر عن أوزانها، بعيداً عن تأثير مقاومة الهواء. وإستنتج أن الأجسام جميعها تتسارع نحو الأسفل بنفس المقدار.

٢- قام جاليليو بتجارب عديدة على حركة الاجسام فوق السطوح المائلة، حيث تكون العجلة منتظمة. وأثبت أن المسافة التى يقطعها الجسم تتناسب طرداً مع مربع الزمن المنقضى منذ بداية الحركة.

٣- أثبت " جاليليو " أن المسار الذى تأخذه قذيفة projectile منطلقة، يتخذ شكل قطع مكافئ parabola . معتبراً حركة القذيفة مجرد " تراكب " super position بين حركتين بسيطتين: حركة منتظمة فى الإتجاه الأفقى وحركة سقوط حُر فى الإتجاه الرأسى.

ورغم إقتناع " جاليلو " بإمكانية تكوين " متصل " زمانى أو مكانى أو مادى، من عدد لا متناه من العناصر اللا مُنقسمة، إلا أنه وقف عاجزاً أمام صعوبات العدد اللا متناهى. فقد وجد هذا العدد مُختلفاً تماماً عما ألفه من أعداد، ولا يمكن أن تُستخدم معه الثوابت الرياضية المعروفة مثل "مساو" Equal ، وأكبر Greater، و"أصغر" Smaller . وحيث أنه لم يكن قادراً

(٩٦) د. محمد على العمر: مسيرة الفيزياء على الحبل المشدود بين النظرية والتجربة، (مقال بمجلة الفكر، المجلد العشرون، العدد الأول، الكويت ، ١٩٨٩) ص ٣٣ .

على حل هذه الصعوبات*، فما كان منه إلا أن لجأ إلى الإستعارات، فشبّه المتصل بمُجسم حُلل إلى مسحوق نهائى يتألف من عدد لا متناهى من الذرات اللا متناهية فى الصغر(٩٧).

جـ - ديكارت: Descartes (١٥٩٦-١٦٥٠).

٣٠- على خلاف "جاليليو" الذى إستغرقه التفكير فى اللامتناهيات، عاد "ديكارت "إلى وجهة النظر الأرسطية، فأنكر إحتواء المتصل على عناصر لا تنقسم. ومضى يُطور الهندسة الإغريقية، لينجز فى النهاية كشفه الضخم المعروف بـ " الهندسة التحليلية ". وهى تلك التى إستبعد بها كافة الأشكال الهندسية بتركيباتها المُعقدة من النظر فى التحليل، مستبقياً فقط خطوطاً مستقيمة يمكن التعبير عنها برموز جبرية(٩٨).

وبهذا الكشف تمكن "ديكارت "من وضع أهم مبادئ مقابلة الأعداد بالإحداثيات، بمعنى تقابل مستقيم ما لأى عدد، مهما تكُن طريقة الحصول على هذا العدد. فالعدد(أ) يقابله خط مستقيم، وكذلك العدد (أ + ب) ، أو(أ × ب) ، أو($\sqrt{٢}$) . . . إلخ وهذا هو بداية الرياضيات الحديثة(٩٩) وبعد

---

* ولكن يُذكر لجاليليو أنه كان أول من أظهر هذه الصعوبات فى العصر الحديث ، وهى التى ظلت مستعصية على الحل حتى لفتت إنتباه " برنارد بولزانو " B.Bolzano (١٧٨١-١٨٤٨) وعلماء الرياضيات فى القرن التاسع عشر .

See Russell , OP.Cit , P.P. 196-98

(97) Korner : “ continuity “ OP.Cit , pp 205-206 .

(٩٨) د . محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة، ص ٨٨.   وأيضاً ديكارت : مقال عن المنهج، ص ص ١٩٣-٩٤ .

(٩٩) د . محمد ثابت الفندى : المرجع السابق ، ص ٨٨.

أن كانت الهندسة علماً إستاتيكياً محضاً، أمكن إدخال الزمن والحركة فى دراسة الأشكال. وذلك بتتبع الموقع الآنى للنقاط المتحركة على خط ما أثناء رسمنا له، ثم الإستعاضة عن هذا الخط بمعادلة جبرية واضحة، مما يعنى إمكانية رد المتصلات الفيزيائية إلى الكيفيات الهندسية وحدها(١٠٠).

وكان من الطبيعى أن ينعكس تصور "ديكارت" هذا للخط الهندسى المتصل على تصوره للعالم. إذ لما كانت المادة الهندسية مُنقسمة دائما إلى ما لا نهاية له من الأجزاء المنقسمة، فليس فى العالم "جواهر فردة" أو "أجزاء لا تتجزأ" ، فكل إمتداد مهما صغر قابل للقسمة إلى جزئين، وهكذا إلى ما لا نهاية(١٠١).

أما الحركة فتحدث بالتأثير الفورى لكل جزء على الآخر، بحيث أن الجسم المتحرك يطرد دائماً الجسم المجاور له ليحل محله. فالحركة فى العالم " دائرية "،" كميتها ثابتة ". والمادة متحركة حركة متصلة : حركها الله منذ الأزل وشرع لها قوانينها(١٠٢).

بعبارة أخرى، يمكن الزعم بأن العالم فى نظر "ديكارت" ، كلٌ متصل ، أو ملاء لا يتخلله خلاء. يمثل فى مجموعة آلة كبرى ، ليست الأجسام فيها سوى آلات دقيقة الأجزاء، كثيرة التعقيد، عجيبة الصُنع، ولكنها على أية حال آلات تعمل بالحركة فحسب(١٠٣).

---

(١٠٠) برجسون: التطور الخالق، ص ٣٠٤ .

(١٠١) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة (ط٦ ، دار المعارف ، القاهرة ، ١٩٧٩) ص ٨٠.

(١٠٢) نفس الموضع .

(١٠٣) نفس المرجع ، ص ٨١ .

د- نيوتن Newton (١٦٤٢-١٧٢٧)

٣١- ومع " نيوتن " - و" ليبنتز" - نصل إلى مرحلة جديدة، يخطو فيها العلم خطوات واسعة نحو إحكام قبضته على الفواصل الزمانية أو المكانية الدقيقة مهما كانت لا متناهية فى الصغر. وذلك باكتشافهما لـ " حساب التفاضل والتكامل " integral and differntial calculus،أو "حساب الفروق" Fluxions* كما أطلق عليه "نيوتن" ، او " الحساب التحليلى للانهائى الصغر " infintesimal calculus كما يُفضل " رسل " أن يُسميه[١٠٤].

ومنذ " نيوتن " و " ليبنتز " ، وحتى تحولات " كانتور" فى مجال الرياضيات خلال الربع الأخير من القرن التاسع عشر، كانت طبيعة " الاتصال " و " اللا تناهى " تُلتمس فى المناقشات التى أثارها هذا الإكتشاف[١٠٥] ولنبدأ أولا "بنيوتن" لما له من بصمات - ما زالت واضحة- فى مسيرة الفيزياء.

٣٢- كانت إسهامات" نيوتن" الرياضية و الفيزيائية إستمراراً لجهود " جاليلو" فى مجال " إتصال الحركة " . وإن كانت قد إتخذت لديه شكلاً منهجياً أكثر وضوحاً، ينحصر طبقاً لتقرير "نيوتن" فى أربع قواعد عامة، دعاها بـ " مبادئ الفلسفة التجريبية" ، وهى[١٠٦] :-

١- يجب ألا نقبل أسبابًا للأشياء الطبيعية أكثر من تلك التى تكون حقيقية وكافية لتفسير ظواهر تلك الاشياء .

٢- ولذلك ، يجب أن نُحدد لنفس الآثار الطبيعية نفس الأسباب بقدر الإمكان.

---

(١٠٤) أنظر رسل: أصول الرياضيات، جـ ٣ ، ص ١٧٣ .

(١٠٥) نفس المرجع، ص ٨٣ .

(106) Runes: dictionary of philosophy, item Newton's Method , p 225 .

٣- صفات الاجسام، وهى التى لا تسمح بأى زيادة أو نقصان فى الدرجة، والتى وُجد أنها تنتمى لكل الأجسام من خلال تجاربنا، تعتبر صفات كُلية لكل الاجسام الموجودة.

٤- فى الفلسفة التجريبية يجب أن نبحث فى القضايا التى جُمعت بالإستقراء التام general induciton من الظواهر بكل دقة. ومع ذلك، يمكننا أن نتخيل أية فرضية مناقضة حتى يحين الوقت الذى تحدث فيه ظواهر أخرى يمكن بها أن نجعل تلك القضايا أكثر دقة، أو عُرضة للإستثناء.

ويؤكد نيوتن نزعته التجريبية فيُصرح قائلا: " إننى لا أضع فروضاً " I do not make hypotheses. وذلك لأن الفروض فى نظره، سواء كانت ميتافيزيقية أو فيزيائية، وسواء كانت صفات وهمية أو ميكانيكية، لا مكان لها فى الفلسفة التجريبية(١٠٧)* .

٣٣- وبهذه القواعد، وإنطلاقا من فكرة إتصال الحركة التى تركها "جاليليو" غير مكتملة، وضع "نيوتن" نظاماً للعالم كان فى جوهره ديناميكياً صرفاً. ولئن لم يكن صدقه فى الطبيعة كاملا، فقد كان على الأقل صادقاً بما يكفى لإنقضاء

---

(107) Ibid.

* على الرغم من تحمس نيوتن الواضح للمنهج الإستقرائى التقليدى، وتأكيده الصريح على نبذ الفروض الصورية، إلا أن أعماله توحى بعكس ذلك، فهو لم يصل إلى نظريته العامة فى الميكانيكا ، أو إلى قانونه فى الجاذبية، نتيجة لإستقراء مباشر من الظواهر،وإنما نتيجة لإتباع المنهج الفرضى .
راجع : د . محمود فهمى زيدان: الإستقراء والمنهج العلمى، ص ص١٦٢-٦٨ .

See also : Campbell , N. : What is science, Dover publications , N.Y,1953,=
= pp 98 - 103& pp 148 - 53.

مائتى عام قبل أن تتكشف حدود تطبيقه[١٠٨]. هذا النظام يقوم على ثلاثة قوانين، رأى نيوتن أنها تنطبق على كل حركة أو سكون فى العالم. والحق أنها لم تكن نتاج تجارب جديدة بقدر ما كانت نتاج محاولة لإعادة تفسير مشاهدات مشهورة فى ضوء حركات وتفاعلات الجسيمات الأولية المحايدة[١٠٩].

وقد صاغ نيوتن هذه القوانين على النحو التالى[١١٠] :-

١- كل جسم يحتفظ بحالة السكون أو يسير فى حركة منتظمة فى خط مستقيم إلا إذا أُجبر على تغيير تلك الحالة من قِبل قوى مؤثرة. ويُعرف هذا القانون بقانون "القصور الذاتى" Interia .

٢- معدل التغير فى الإندفاع (أى كمية الحركة Momentum) يتناسب طرداً مع القوى المؤثرة على الجسم. (أو: القوة Force = الكتلة Mass × العجلة Acceleration)* .

---

(١٠٨) جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة (ترجمة جعفر رجب ، دار المعارف، القاهرة ، ١٩٨١) ص ص ١٤٨ -٤٩.

(١٠٩) توما س كون : بنية الثورات العلمية (ترجمة شوقى جلال ، سلسة عالم المعرفة ، العدد ١٦٨ ، الكويت ، ١٩٩٢)ص ص١٥٧ -٥٨ .

(١١٠) د. محمد على العمر : سيرة الفيزياء ، ص ٣٦ .

* القوة عند نيوتن تبعاً لهذه القوانين هى كمية ثابتة وتفسر حركة الجسم تحت تأثير الجاذبية فى حيز صغير. أما إذا إختبرنا حركة الجسم فى حيز كبير-كحركة الكواكب فى الفضاء - فإن القوة تصبح غير ثابتة، ويمكن تعيينها عن طريق الدوال التفاضلية التى وضعها نيوتن تبعاً لقانونه العام فى الجاذبية. وأما " الكتلة " فهى مقدار ما فى الجسم من مادة، وهى تختلف عن" الوزن " الذى هو مقدار جذب الأرض للجسم. والكتلة تتناسب عكساً مع " العجلة " ، وهذه الأخيرة هى مقدار التغير فى سرعة الجسم بالنسبة للزمن الذى تستغرقه حركته. أنظر فيليب فرانك : =

٣- رد الفعل يساوى الفعل فـى المقدار ويضـاده فى الإتجـاه. أى أن تـأثيرى جسمين على بعضهما البعض متساويان دائماً ومتضادان فى الإتجاه.

ومن هذه القوانين وصل نيوتن إلـى تقريـر واقعـة أساسـية، هـى أن كـل جزئ مادى به قوة سماها "قوة الجاذبية": فكـل جـزئ مـادى يجـذب أى جـزئ مادى آخر، وليست هذه القوة موجـودة فقـط فـي الأجسـام الكبيرة، وإنمـا هـى موجودة فى كل جزئ مهما صغر حجمه[١١١]. وعلى هذا وضع نيوتن قانونـه العام فى الجاذبية Universal law of Gravitation الذى ينـص علـى أن "أى جسمين يتجاذبان فيما بينهما بقوة تتناسـب طـردا مـع مضـروب الكتلتيـن، وعكساً مع مربع المسافة بين الجسمين. أى أن القوة تتناسب مع الكتلة الأولى × الكتلة الثانية / مربع المسافة، ويكون إتجاه هذه القوة علـى الخـط المسـتقيم بين الجسمين. وتُعرف هذه العلاقة بقانون "التربيع العكسى"[١١٢].

وباستخدام هذا القانون تمكن نيوتن من شرح عدة ظواهر طبيعيـة كـانت مثار إهتمام العلماء فى عصره، منها حسابه لقيمة عجلة الجسم المنجذب نحـو سطح الأرض، وشرحه لحركة القمر الدائرية والمتسارعة نحـو الأرض، ومـا ينتج عنها من ظواهر كالمدّ والجزر. هذا بالإضافـة إلى تفسيره للإنحرافـات الدقيقة فى حركـات الكواكـب حـول الشـمس، وصياغـة كـل ذلـك فـى صـورة رياضية دقيقة[١١٣].

= فلسفة العلم (ترجمة د. على على ناصف ، المؤسسة العربية للدراسات والنشر ، بيروت ، ١٩٨٣) ص ص ١٤٣-٥١.

(١١١) د. محمود فهمى زيدان : الإستقراء والمنهج العلمى ، ص ١٦٥ .

(١١٢) د . محمد على العمر : المرجع السابق ، ص ٦٣.

(١١٣) نفس المرجع، ص ٣٧ .

وفضلا عن ذلك، حقق "نيوتن "من خلال دراسته لإتصال الحركة إنجازه الضخم: "حساب الفروق". فلكى يحسب قوة الجاذبية المبذولة من جسم كروى صلب على نقطة خارجية، كان عليه أن يعتبر هذا الجسم منقسم إلى ما لانهاية له من الجسيمات اللامتناهية فى الصغر، لكل منها قوته الجاذبة. ومن مجموع هذه القوى الجزئية نحصل على القوة الجاذبة الكلية للجسم محل البحث. وهذا هو ما عناه نيوتن بمفهوم "التكامل". وحيث أننا فى أى بحث دينـاميكى نتعامل مع سرعات دائمة التغير للجسيمات المتحركة، فمن الضرورى أن نحكم هذه السرعات بمعادلات تفاضلية كلية، ذلك أننا لوحصرنا أنفسنا فى لحظة منفردة، فإن الجسيم لن يتحرك على الإطلاق، ولو حاولنا تتبع سرعة الجسيم خلال أية فترة زمانية مهما كانت قصيرة، فليست ثمة مقدار واحد معين وإتجاه واحد مُعين يمكن أن نعزوه لهذه السرعة. ومثل هذه المواقف وكيفية التعامل معها هى ما فصله نيوتن فى نظريته عن التفاضل(١١٤).

٣٤- من الواضح إذن مما سبق أن مفهومى "الاتصال" و "اللاتناهى" قد سيطرا على مُجمل آراء نيوتن الفيزيائية. وأنه قد واصل بناء الهرم الميكانيكى الذى كان جاليليو قد وضع أسسه. فهو أولاً يُصادر على "مبدأ السببية" كمبدأ أساسى للفلسفة التجريبية، وهذا يتضمن مصادرة مُسبقة على

---

(114) Broad, C.D.: Ethics and the history of philosophy ,Routledge and Kegan Paul , London , 1952,pp25-26.
نقلا عن د. يمنى طريف الخولى: العلم والاغتراب والحرية (الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ، ١٩٨٧) ص ص ١٨٦-٨٧ .

مبدأ الاتصال في الطبيعة* . وهو ثانياً يفهم الاتصال كما فهمه جاليليو، فالمتصل هو ما يمكن قسمته إلى مالانهاية له من العناصر اللامتناهية في الصغر. وهذا الوصف ينطبق على المادة والحركة بكل أنواعهما. كما ينطبق أيضاً على الزمان والمكان باعتبارهما كيانين قائمين بذاتهما وسابقين على المادة. فالمكان يتألف من عدد لامتناه من النقاط المتجانسة homogeneous والمتصلة continuous . والزمان ينساب على نحو متساوق، ويمكن قسمته إلى ما لانهاية له من الآنات المتجانسة، وهما معاً موجودان منذ الأزل وباقيان إلى الأبد(١١٥).

وبالإضافة إلى ذلك تصور نيوتن الاتصال كمبدأ شامل يحكم العالم بأسره، فالعالم كلٌ متصل، تتشابك خيوطه من خلال قوى الجاذبية المختلفة التي تربط بين الكواكب والنجوم، وترسم لكل منها مسار حركته الدقيق فيالمكان وعبر الزمان.

وهكذا إستكمل نيوتن الخطوط العامة للفيزياء التقليدية: أرضية مطلقة من المكان والزمان، تتحرك فوقها كتل من المادة، تدفعها قوى يمكن صياغتها

---

* وهذا بعينه هو ما فعله " كانط " بعد ذلك، حين صادر على مبدأ الاتصال كإفتراض أوّلي مُسبق Presupposition يقوم عليه مبدأ السببية. فطبقاً له ليست السببية سوى صورة خاصة من هذا المبدأ العام الذى يتطلب التسلسل المتصل .

See Ayer, A.J. : philosophy in the twentieth century, Unwin paper backs with port Nicholson Press, London, 1984, p 204.

(١١٥) أنظر د. ماهر عبد القادر محمد : فلسفة العلوم الطبيعية (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، ١٩٩٠)، ص ص١٤٧-٤٨ .

also Luces, J.R: Space, Time and Causality, the Clarendon Press, Oxford, 1984, p- 132.

صياغة رياضية حاسمة. وقد تبين لعلماء هذا العصر أن هذه القوانين ملائمة تماماً لتفسر كل أوجه الكون المادى تقريباً... وبدا الكون كآلة عملاقة تعمل بإنتظام(١١٦)* .

هـ- ليبنتز Liebniz (١٦٤٦-١٧١٦) .

٣٥- على العكس من آراء نيوتن، تتسم آراء ليبنتز بطابع ميتافيزيقى يسيطر على فلسفته بأثرها. وتقوم تلك الفلسفة بإيجاز شديد على فكرة أساسية وثلاثة مبادئ. أما الفكرة فهى فكرة "الموناد" Monad أو "الجوهر البسيط " أو "الجزء الذى لا يتجزأ" الذى يتركب منه العالم(١١٧). وأما المبادئ الثلاثة فأولها مبدأ " السبب الكافى" sufficient reason ،ويقضى بأن" لكل شئ فى

---

(١١٦) د . محمد محمد قاسم : كارل بوبر ، نظرية المعرفة فى ضوء المنهج العلمى (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، ١٩٨٦) من ص ٨٤-٨٥.

* على الرغم من ذلك ، آمن نيوتن بوجود إله يقف وراء هذا الإنتظام الكونى، وكان تصوره لسبق الزمان والمكان على المادة تصوراً دينياً يوُجبه قدم الإله وأبديته. وقد عبرنيوتن عن ذلك بنص بليغ قال فيه: " لا يمكن لهذا النظام الشمسى الجميل، بكواكبه ومذنباته، أن يوجد إلا بتدبير وسلطان من لدن كائن ذكى وقادر ".ولا شك أن هذا النص يطرح عديدا من التساؤلات التى حُجبت تحت تأثير الحتمية النيوتينية المطلقة . وهى تساؤلات تتعلق بالجانب الروحى فى آراء "نيوتن "، وهل فصل كديكارت بين الروح والمادة ، وهل آمن بالغائية فى خضم هذه الميكانيكا الصماء التى تحكم الكون؟. أنظر فيليب فرانك : فلسفة العلم ،ص ١٥٤ & وأيضا محمود أمين العالم : فلسفة المصادفة ،(دار المعارف بمصر ،القاهرة، ١٩٧٠)، ص٢٥٣ .

(١١٧) د. على عبد المعطى محمد : تيارات فلسفية حديثة (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية، ١٩٨٤)، ص ٢٥١.

الوجود سبب يتوقف عليه"[118]. أو بعبارة أخرى "يجب أن يكون لكل شئ فى الوجود تفسيراً تاماً يُوضح لِمَ يكون هذا الشئ فى موضعه الزمانى والمكانى دون أن يكون فى موضع آخر"[119].

ومن هذا المبدأ يتفرع مبدآن أخران هما صيغتان جزئيتان له: أحدهما مبدأ "الاتصال" القائل بأن "الإنتقال متصل فى الطبيعة بلا طفرة، بحيث لا تنشأ الحركة من السكون مباشرة ولا تنتهى اليه مباشرة، بل تبدأ بحركة أدق وتنتهى إلى حركة أدق " وهذا المبدأ كما يتضح من صياغته هو ترجمة فلسفية للفكرة الرياضية عن اللا متناهى فى الصغر[120] . والمبدأ الجزئى الآخر هو مبدأ "ذاتية اللا متمايزات" identity of indiscernible، ومنطوقه " أن شيئين جزئيين لا يمكن أن يتشابها تمام المشابهة وإلا لم يتمايزا، بل يجب أن يفترقا بفارق كيفى ذاتى مطلق فوق إفتراقهما بالعدد"[121].

٣٦- وليس " المونـاد " عند ليبنتز بذرة ديموقريطية مادية ، إذ أن كل جسم مهما إفترضناه صغيرا فهو ممتد، وكل إمتداد يمكن قسمته إلى ما لا نهاية [122] . وليس المونـاد أيضا بنقطة رياضية خالية من الروح كالذرة المادية [123] إنما المونـاد "ذرة روحية"،أو "نقطة ميتافيزيقية" ، مُحكمة- أى غير منقسمة - ووجودية فى الوقت ذاته. فهى إذن وسط بين الذرة المادية التى

---

(١١٨) المعجم الفلسفى ، مادة "سبب" ،ص ٩٦.

(119) Lucas, op.cit,p127.

(١٢٠) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، ص ١٢٧.

(١٢١) نفس الموضع .

(١٢٢) د . على عبد المعطى محمد : المرجع السابق، ص ٣١٣ .

(١٢٣) نفس المرجع ، ص ٣١٤ .

هى وجودية وغير مُحكمة، وبين النقطة الرياضية التى هى مُحكمة وغير وجودية(١٢٤).

وللمونادات خصائص ذاتية تتشخص بها تبعا لمبدأ ذاتية اللا متمايزات، وإلا لم تتمايز فيما بينهما . إنها لا تختلف كما quantitively فيجب أن تختلف كيفاً qualitatively(١٢٥). وهى لا تبدأ أو تنتهى طبيعيا، ذلك أن الكون والفساد من خصائص المادة،ومن ثم فبداية المونادات خلق بالضرورة، ونهايتها إعدام. غير أن الله لا يعدم مخلوقا، فالمونادات إذن خالدة، لكنها لا تصل فى خلودها إلى سعادة مطلقة ، بل تتدرج فى الكمال والسعادة إلى غير نهاية كما يقضى مبدأ الاتصال.

وتبعا لهذا المبدأ أيضاً، يجب التسليم بأن المونادات لا متناهية العدد، حيث أنها محاكيات للذات الإلهية، ولما كانت الذات الإلهية تُحاكَى على أوجه لا متناهية، فهناك إذن عدد لامتناه من درجات الوجود(١٢٦).

أيضا تتسم المونادات بأنها متغيرة دائما، لكن تغيرها لا يأتى من خارجها، بل ينشأ عن قوة فى داخلها تدفعها الىالتغير التدريجى المتصل(١٢٧). وعلى هذا فليست كمية الحركة ثابتة فى العالم كما توهم "ديكارت" (ف ٣٠)، وإلا لكانت الحركة سلسلة من السكونات المتتالية(١٢٨).

٣٧- وإنطلاقا من هذا التصور الميتافيزيقى لفكرة الجوهر، يبنى ليبنتز عالمه الذى دعاه بالحقيقى. أما العالم المادى فلا يمكن إلا أن يكون ظاهريا فحسب.

---

(١٢٤) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٢٩ .

(١٢٥) د. على عبد المعطى محمد : المرجع السابق ، ص ٢٥٩ .

(١٢٦) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٣١.

(١٢٧) نفس المرجع ، ص ١٣٠.

(١٢٨) نفس المرجع ، ص ١٢٩.

فالمونادات جميعا لامادية. أما المادية فهى الموجود منظورا اليه من خارج. هى إحالة النسبة الميتافيزيقية بين وسيلة وغاية إلى نسبة كمية بين أجزاء[١٢٩]. وهكذا فليس " المكان " إلا نظاما للأوضاع، ينشأ حين نُدرك عدة ظواهر فى وقت واحد، وما "الزمان" إلا نظاما للمواقف المتعاقبة. بمعنى أنهما لا يمكن أن يكونا متمايزين عن المونادات وسابقين عليها كما أخبرنا نيوتن[١٣٠] (ف ٣٤).

وتبعا لتمييزه بين أنواع الجواهر الثلاثة: الميتافيزيقية، والرياضية، والمادية، يُميز ليبنتز أيضا بين أنواع ثلاثة من الاتصال: الاتصال الميتافيزيقى وهو وحده الحقيقى، ولا ندركه إلا بمعرفة حدسية أو ميتافيزيقية. والاتصال الرياضى، وهو مفهوم مثالى قائم فى عالم الرياضيات وحدها. والاتصال الفيزيائى، وهو مجرد ظاهر فحسب[١٣١]* .

---

(١٢٩) نفس المرجع ، ص ١٣٣.

(١٣٠) نفس المرجع ، ص ١٣٤.

(131) Korner ; continuity , OP.Cit , p. 205.

* يذكرنا هذا التمييز الإبستمولوجى بين أنواع الاتصال، بتفرقة برجسون بين نوعى الاتصال : الميتافيزيقى والفيزيائى . وكما إنتقد "رسل" تلك التفرقة لبرجسون (ف٩) فكذلك فعل مع "ليبنتز" . ولايعنى ذلك رفض "رسل" المطلق للمعرفة الميتافيزيقية، بل يعنى كما سنرى رفضه القاطع لوضع سياج بينها وبين المعرفة العلمية.

See Russell : Acritical exposition of the philosophy of Leibniz, George Allen & Unwin , London , 1937.

و- بين نيوتن وليبنتز:

٣٨- تخصص هذه الفقرة لما بين نيوتن وليبنتز من أوجه للإتفاق أو للإختلاف، ساهمت فى إثراء المعرفة العلمية تحت لواء مقولة الاتصال. وتوجز تلك الأوجه فى النقاط التالية :-

١- لا شك أننا أمام نظريتين متآلفتين إزاء ضرورة القول بالاتصال، وإن كانتا متنافرتين إزاء طبيعته الوجودية المتحققة بالفعل. فالأولى نظرة مادية ترفض أية فروض صورية سابقة على التجربة، بينما الثانية نظرة ميتافيزيقية نبتت وإكتملت فى فى رحاب العقل وحده. ومع ذلك فقد أدت كل نظرة منها -بشكل مستقل- إلى أهم كشف رياضى فى القرن الثامن عشر، ألا وهو "حساب التفاضل والتكامل" (ف ٣١). ومن داخل هذا الكشف تتفق النظرتان على معنى مصطلحى "الاتصال" و" اللامتناهى فى الصغر" كحدود رياضية مجردة. فالاتصال كما رآه كل من نيوتن وليبنتز، ما هو إلا ذلك الخط المستقيم الذى إستبقاه "ديكارت" فى هندسته التحليلة بعد أن إستبعد كافة الأشكال الهندسية الأخرى(ف ٣٠). وعلى نحو أدق يجب أن نفهم من ذلك الإصطلاح "عدم وجود أدنى فجوة Gab أو إنفصال بين قيم أية دالة*

* يرجع لفظ "دالة" إلى ليبنتز. وقد إستخدمه كوصف للمنحنى curve الهندسى المُعبر عن علاقات متصلة بين كمين متغيرين يسميان بالإحداثيين coorodinates فلو نظرنا مثلا إلى "حرارة الغاز" وضغطه" ، فإن العلاقة التى تنشأ عن تغير أحدهما عند تغير الآخر ترسم خطاً منحنياً هو "دالة" فى عُرف الرياضيات. هذه الدالة متصلة إتصال الخط الهندسى المنحنى، بمعنى أن لها قيماً عددية متصلة لافجوات بينها. لاشك أن عدد التجارب عن الحرارة والضغط محصور، لكن الخط الداخلى الذى يربط بين التجارب المحصورة العدد يُمثل متصلاً هندسياً لافجوات فيه. ومع إنهيار فكرة اللامتناهى فى الصغر إبان الربع الأخير من القرن التاسع عشر، إنهارت أيضاً فكرة الدالة الهندسية المتصلة، وتم إكتشاف دوال منفصلة لاحصر لها، فكان ذلك بداية الطريق نحو =

Function من الدوال، مما يستبقى دائما حدسا هندسيا بخط متصل النقاط، سواء كان الخط مستقيما أو منحنيا"[١٣٢].

أما اللامتناهى فى الصغر "فهو" عددُ أو مقدار مع أنه ليس صفراً إلا أنه أصغر من أى عدد أو مقدار متناه ". وهكذا فإن هذا العدد يمكن أن يكون عند " نيوتن " ممثلاً للزمن الذى تكون عنده كرة قُذفت رأسيا إلى فوق ساكنة عند أعلى نقطة من مسيرها. أو للمسافة بين نقطة على خط والنقطة التالية . . . ألخ[١٣٣]. أما عند ليبنتز فيُمثل الوحدات التى من المفروض أن تنتهى إليها القسمة اللا متناهية فى فلسفته[١٣٤].

٢- وإنطلاقا من إتفاقهما على ضرورة القول بالإتصال، يؤكد كل من نيوتن وليبنتز على ضرورة الأخذ بمبدأ "السببية" حقا أن ليبنتز يُغلف هذا المبدأ برداء ميتافيزيقى يحمل شرط "الكفاية" (ف ٣٥)، ولكنه فى النهاية لا يختلف كثيراً عن نيوتن الذى إرتقى بالسببية إلى مرتبة الحتمية الميكانيكية.

٣- كان لتصورات نيوتن أثرها فى إعتقاده بالزمان والمكان كخلفية مطلقة تتحرك بالقياس إليها كل الأشياء. بمعنى أنهما ليسا مجرد تابعين للوعى، بل هما موجودان بذاتهما. أما ليبنتز فقد أدت به تصوراته الميتافيزيقية إلى الإعتقاد بنسبية الزمان والمكان. ورغم الفارق الشاسع بين التصورين، إلا أنهما يلتقيان فى الطابع " اللاهوتى" الذى أضفياه على مفهومى " المطلق" و"

= تحرير التحليل من كل روابطه الهندسية، وإقامته فقط على نظرية الأعداد. وهو ماسنتناوله فى الفصل التالى. أنظر : د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة، ص ٩١. وأيضا رسل : أصول الرياضيات ، جـ٣ ، ص ص ٨٨ وما بعدها.

(١٣٢) د. محمد ثابت الفندى : المرجع السابق ، ص ٩١.

(١٣٣) رسل : المرجع السابق ، ص ١٨١.

(١٣٤) نفس المرجع ، ص ١٧٣.

النسبى". فلكى يُعطى نيوتن معنى لكلمة "مُطلق"، كان عليه أن يقر بوجود الله فى كل مكان، منذ الأزل وإلى الأبد، بحيث نستطيع إرجاع كافة الحركات إليه(١٣٥). وهكذا فعل ليبنتز، ولكن بإتجاه آخر. إذ لن نستطيع أن نفهم معنى كلمة " نسبى" فى فلسفته دون العودة إلى تفرقته بين عالم الظواهر وعالم الحقائق. بمعنى أن وجود الزمان والمكان مرتبط بالذات المُدركة لظواهر الأشياء، لا على نحو مُطلق كما تصور نيوتن(١٣٦).

٤- رغم سيادة آراء نيوتن التجريبية لما يقرب من قرنين من الزمان، إلا أن آراء ليبنتز الميتافيزيقية وجدت مكاناً لها فى قلب العلم المعاصر. نستطيع أن نستبين ذلك من خلال نظرية النسبية لآينشتين Einstein (١٨٧٩-١٩٥٥) التى أبطل من خلالها مفهومى الزمان المطلق و المكان المطلق، ليضفى بذلك شرعية فيزيائية على نسبية ليبنتز الميتافيزيقية. هذا فضلا عن تأكيد " ميكانيكا الكم " لمبدأ " ذاتية اللامتمايزات ". فعلى الرغم من أنها تتعامل مع حشد من الجسيمات الدقيقة اللا متمايزة، ومن ثم تؤخذ كل مجموعة منها كوحدة واحدة، إلا أنه وُجد أن لكل جسيم عدد مختلف من الذبذبات التى يؤديها خلال فاصل زمنى مُحدد، أى أن كل جسيم يحتفظ بذاتيته الفارقة بينه وبين الجسيمات الأخرى اللامتمايزة عنه(١٣٧). ومن ناحية أخرى يبدو هذا المبدأ أكثر وضوحا فى الرياضيات الحديثة، فلو نظرنا مثلاً إلى الأعداد الكسرية مثل:

---

(١٣٥) فيليب فرانك : فلسفة العلم ، ص ١٥٤.

(١٣٦) د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر إلى المواقف الفلسفية (دار النهضة العربية ، بيروت، ١٩٨٢) حاشية ص ٣٧.

(137) Lucas : Space, Time and Causality , p.131.

٢/١ ، ٢/٤ ، ٣/٦ ، ٤/٨ ، ٥/١٠ ، . . . . ، لوجدنا أنها جميعا لامتمايزة كماً، ومع ذلك فإن كلاً منها يُمثل وحدة صلدة قائمة بذاتها(١٣٨).

كل هذه التأييدات إن دلت على شئ ، فإنما تدل على أن الميتافيزيقا ليست دخيلة على العلم، كما ذهب إلى ذلك الوضعيون، بل إنها تمثل والبحث التجريبي بناءً مزدوجاً لاغنى عنه للمعرفة العلمية.

ز- باركلي G.Berkeley (١٦٨٥-١٧٥٣) .

٣٩- وجهة نظر أخرى رأينا أن نعرضها بإيجاز لما لها من تأثير على تطور مفهومي الاتصال واللاتناهي . ففي اللحظة التي إستكمل فيها نيوتن وليبنتز بناءهما الفكري ، وتوثقت العلاقة بين الاتصال واللامتناهي في الصغر ، كان "جورج باركلي" فيلسوف "الإسمية" Nominalism و"اللامادية" immaterialism ، يتأهب لتوجيه سهام النقد الحاد إلى ذلك البناء وليحدث فيه من الثغرات ما كان بمثابة نقطة التحول في تاريخ مفهوم "الاتصال" كمفهوم رياضي .

والإسمية تعني ببساطة أن المعرفة الحقة هي تلك المقصورة على ما يبدو للشعور بأغراض محسوسة ، وأن مالا يبدو محسوساً وهم محض . أو بعبارة أخرى ، هي قوة تجريد المعاني من الأشياء(١٣٩). فاللامتعين ممتنع التصور ، ولا يمكن أن يكون له معنى*(١٤٠).

---

(138) Ibid.

(١٣٩) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، ص ١٦٤.

* إنكار "باركلي" للمادة لازم عن المبدأ التصوري القائل بأن الموضوعات المباشرة للفكر هي المعاني دون الأشياء . ولايعني ذلك إنكار وجود الأشياء ذاتها، ذلك أن وجود الشئ لازم عن وجود المعنى. وهو المبدأ الديكارتي القائل بأن الذهن لايعرف الأشياء مباشرة، بل يعرفها بواسطة مالديه من معان. أنظر يوسف كرم : المرجع السابق، ص ص ١٦٧-٧١.

وإنطلاقا من هـذا التحديد لكل ما يمكن أن يقبل فـى الذهن كمعطى ، يسـرع بـاركلى إلـى الإعـتراض علـى التفكـير فـى " اللاموجـودات" أو "اللاأشـياء"nothings ، ومنهـا بطبيعـة الحـال الكميـات اللامتناهيـة[١٤١]. فاللامتناهى باطل كمعنى ، ذلك أنه لايمكن أن يوجد "معنـى " مكـان لامتنـاه ، لأن كل "معنى" متناه . ومن المحال أن يوجـد خـط لامتنـاه فـى الصغـر ، لأن كل خط قابل للقسمة . وحيث أن المكان المدرك بالحس متناه دائماً ، فلايمكـن إذن الإستمرار فى قسمة أى مقدار إلى مالانهاية . أما الزمان فما هو إلامجرد "معنى" لتعاقب المعانى فى الذهن ، ومن ثم لايمكن أيضاً قسمته إلى مالانهاية. هناك إذن حدٌ ملموس لايدرك وراءه شئ ، وبالتالى لا يوجد دونه شئ[١٤٢].

ولأنه ظل على إيمانه بأن الوجود هو كون الشئ مدركاً بالحواس ، فقـد رفـض بـاركلى ناقمـاً أن يقـر بإمكـان وجـود حـدود رياضيـة علـى شـاكلة "اللامتناهى فى الصغر"، بل إنه ليحتج بأنها إختُرعت بغـرض مسـايرة العقـل الكسول الذى يفضل الإستسلام للشك المريح بدلاً من معاناة التوغل فى إختبار عنيف للمبادئ التى إعتنقها دائما على أنها صادقة[١٤٣].

على أن باركلى لم يكن يهـدف مـن ذلـك إلـى وضـع نظريـة جديـدة فـى الاتصـال ، وإنما إستخدم النقد كسلاح يؤيد به الدين ويظهر به زيـف الملحدين: فـإذا كـان العلمـاء يقبلـون المبـادئ النظريـة وهـى غير معقولـة ، فبـأى حـق

وأيضا د.على عبد المعطى محمد : تيارات فلسفية حديثة، ص ص ٣٩٥ وما بعدها.

(١٤٠) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٩٥.

(141) Korner : Continuity , P. 206 .

(١٤٢) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٩٦.

(١٤٣) جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٣٨.

يهاجمون العقائد الدينية ؟. وإذا كانوا يقبلون المبادئ النظرية لمرماها العملي، فلِمَ لا يقبلون العقائد الدينية التى تؤكد فى النفس المحبة والإيمان؟[١٤٤].

ومع ذلك كانت إنتقادات باركلى بمثابة الصيحة التى دوت فى آذان الرياضيين فأيقظتهم من سباتهم الدوجماطيقى ، ووضعتهم على أول طريق التطور المعرفى . فلو أردنا أن تكون الرياضيات يقينية ، فلابد من تفريغها من أى مضمون مادى ، وإقامتها فقط على التعريفات ، إذ لن تمثل حينئذ إلا إرتباطات جديدة بين مفاهيم معروفة وتبعاً لقواعد معروفة[١٤٥].

لقد وقف باركلى إذن عند بداية عصر النقد الداخلى والمراجعة الشاملة لكل الأسس الرياضية ، وهو ما أثمر أفكاراً مختلفة بلغت ذروتها فى نظريات "الاتصل" التى وضعها كل من " ريتشارد ديدكند " R. Dedekind (١٨٣١-١٩١٦) و"جورج كانتور" فى أواخر القرن الماضى[١٤٦].

م - ما بعد باركلى :

٤٠- وفى الفترة مابين باركلى وحتى وقتنا الراهن ، تعرض مبدأ الاتصال لتطويرات متتالية،

نوجز أهمها فى هذه الفقرة توطئة لتفصيلها فى الفصول التالية . فعلى الجانب الرياضى، فَقدَت القضية الرياضية معيار يقينها السابق ، المتمثل فى وضوحها بذاتها ، أو إستحالة نقيضها ، أو صدقها على الواقع الحسى . وأصبح معيار

---

(١٤٤) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ١٦٧.

(١٤٥) هانز ريشنباخ : نشأة الفلسفة العلمية (ترجمة د.فؤاد زكريا، دار الكتاب العربى، القاهرة، ١٩٦٨) ، ص١٣٠.

(146) Korner , OP . Cit , p. 206.

اليقين متمثلا فى وضع عدد من القضايا الإبتدائية ، نسلم بها دون برهان ، لا لشئ سوى لأنها أسبق منطقياً من النتائج المترتبة عليها - وكان من الممكن أن نضع عدداً آخر من القضايا مخالفة . ثم نستنبط من تلك المسلمات قضايا أخرى هى النظريات . هذه النظريات تتسم بالضرورة ، ولكن ضرورتها منطقية فحسب ، بمعنى أنها تلزم عن مقدماتها بإتباع قواعد منطقية بحتة[١٤٧].

وهكذا اصبح مبدأ الاتصال موضوعاً حسابياً مختاراً بواسطة التعريف[١٤٨]، يخلو من متناقضات الأعداد اللامتناهية ، و يرقى بصوريته عن أى معنى آخر قد يتخذه الفيزيائى أو الفيلسوف أو حتى رجل الشارع . فلكل إنسان - كما يقول "رسل" - مطلق الحرية فى أن يعلن أنه يعنى بالاتصال شيئاً مختلفاً كل الاختلاف[١٤٩]. أما على الجانب الفيزيائى ، فقد أدى إكتشاف الفيزيائى الألمانى " ماكس بلانك " M.Plank (١٨٥٨ - ١٩٤٧) لنظرية الكم إلى إثارة التساؤل عن مدى تحقق الاتصال فى الطبيعة، لا سيما بعد أن تبنى عدد من العلماء فرضية إنطلاق الإشعاع من المادة، لا على شكل تيار متصل كشلال الماء، وإنما على هيئة مقادير منفصلة discontinuous، تشبه قفزات الكنجرو فى أحد الحقول[١٥٠]. وبإختصار، لم يعد مبدأ الاتصال يتربع على عرش الفيزياء كما كان من قبل، بل أصبح لزاما عليه أن يفسح بجواره مكاناً لمبدأ الانفصال discontinuity، حتى يثبت أحدهما بالدليل التجريبى.

---

(١٤٧) د. محمود فهمى زيدان : أزمة اليقين فى الرياضيات والمنطق (مقال بمجلة الفكر المعاصر ، العدد (٧٩) ، سبتمبر ١٩٧١) ص ٨٩.

(١٤٨) رسل : أصول الرياضيات ، جـ٣ ، ص ٢٠١.

(١٤٩) نفس المرجع ، ص ٢٠٩.

(١٥٠) جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٧٤.

وأما على الجانب الفلسفى، فقد كانت الفلسفة كعادتها سبّاقة فى إستثمار ما يحرزه العلم من غنائم فى فتوحاته، لكن مشكلاتها باتت أكثر تعقيداً وتشعباً، فبالإضافة إلى مشكلاتها التقليدية المرتبطة بالاتصال كالسببية والحتمية والغائية، برزت إلى السطح مشكلة أخرى، تساءل من خلالها الفلاسفة عن علاقة مبدأ الاتصال الرياضى بالخبرة experience ، خاصة عندما يؤخذ هذا المبدأ كجزء أساسى من البنية الرياضية للفيزياء. وإزاء هذا التساؤل إنقسم الفلاسفة إلى عدة فرق، يمكن أن نحصر من خلالها ثلاث إجابات مختلفة وهى(١٥١) :-

(١) واحدة من هذه الإجابات تتفق بقوة مع "أفلاطون" Plato (٤٢٧-٣٤٧ ق.م) فى أن مفهوم الاتصال الرياضى ليس ملائماً للخبرة، وأن الحالات التجريبية ليست إلا"مشاركة" Participate فى الحقيقة اللاتجريبية للأشكال forms .

(٢) إجابة أخرى تتفق مع "كانط" والرياضى الألمانى " ديفيد هلبرت " D.Hilbert (١٨٦٢-١٩٤٣) فى أن الاتصال واللاتناهى، بخلاف المفاهيم الرياضية الأولية أو البنائية constructive الملائمة للتجربة، هما فحسب مفهومان مُساعدان. مع الأخذ بعين الإعتبار أننا لا نستطيع-أو نحتاج- لأن نوضح أكثر من أن إضافتهما إلى الرياضيات الأولية لا يؤدى إلى تناقضات contradictions.

(٣) أخيراً، إجابة ثالثة تتفق مع الرياضى والفيزيائى الفرنسى " هنرى بوانكاريه" H.Poincare' (١٨٥٤-١٩١٤) فى أن مفهوم الاتصال الرياضى من الممكن موازنته مع نظيره التجريبى بالتكييف التدريجى لهذا الأخير.

---

(151) Korner , OP . Cit , p. 207.

وعلى الرغم من أن مشكلة العلاقة بين الاتصال الرياضي والخبرة، تفترض القيام بتحليلات مسبقة للاتصال المدرك حسياً، إلا أن هذه التحليلات نادراً ما بوشرت. فقد نظر "بوانكاريه" مثلا إلى الاتصال الحسى كمفهوم يفتقر إلى التماسك الداخلى. أما "هنرى برجسون" و" وليم جيمس" W.James (١٨٤٢-١٩١٠) فقد إعتقدا بفشل أية محاولة لتحليل الاتصال الحسى، لأن أى تحليل كهذا ليس إلا ضربا من التصادم بين منطق العقلانيين وبين التجربة المحسوسة. وأما "رسل" فقد خالفهم جميعاً، بحيث إعتقد بعدم شرعية التمييز بين مفهومى الاتصال : الرياضى والحسى، ففى نظره ليست هناك صعوبة منطقية فى الإفتراض بأن المكان والزمان المدركان حسياً يتألفان من "نقاط" و"آنات"، وأن هذه بدورها تؤلف فى أى فاصل متناه مجموعات كلية لا متناهية بالفعل(١٥٢).

تعقيب :-

٤١- نخرج من هذا الفصل بتصور عام لموضوع بحثنا ،فضلا عن بعض النتائج الجزئية. أما التصور العام فندرك من خلاله أن ما نعنيه بالاتصال ينحصر فى مبدأ رياضى، ينص فى صورته البسيطة على وجود حد ثالث بين أى حدين معلومين فى أية متسلسلة، بحيث تخلو هذه المتسلسلة تماما من أية فجوة أو إنفصال بين حدودها. مثلها فى ذلك كمثل الخط الهندسى المستقيم أو المنحنى، المعبر عن "دالة" تصف العلاقة بين كمين متغيرين. (ف٧، ف٣٨) هذا المبدأ هو المرجع والأساس لكثرة من المبادئ العلمية والفلسفية المعروفة، كمبادئ السببية والغائية والحتمية والإطراد (ف٢٣). وقياسا على ذلك، يرتبط

(152) Ibid.

المبدأ بأهم مشكلات العلم والفلسفة، فيبدو طرفاً أولياً ينبغى التحقق من قيامه- أو عدم قيامه- فى الطبيعة، إذا ما أردنا فهم بنية الزمان والمكان والمادة والحركة. وتلك باختصار هى العناصر الأساسية لأى بحث فيزيائى أو فلسفى، سواء على المستوى المحلى ، أو على المستويين الكونى والذرى . ومن هنا كان جمعنا بين العلم والفلسفة فى عنوان واحد. ولما كان من الطبيعى أن نتساءل عند تحليلنا لأى "متصل" عن المدى الذى تصل إليه حدوده وأطرافه أو الذى تنتهى إليه قسمته، كأن نتساءل مثلا عن تناهى الزمان والمكان أو لاتناهيهما، فمن الضرورى ربط مصطلحى الاتصال واللاتناهى ليمثلا معاً موضوعا بحثياً واحداً (ف٣).

أما النتائج الجزئية فنوجزها فى النقاط التالية :-

١- رغم خلو المكتبة العربية الحديثة تقريبا من بحث مُفصّل للإتصال واللاتناهى، إلا أن للعرب فضل السبق على علماء أوروبا المحدثين فى فهم الطبيعة الفنية للمصطلحين. تشهد بذلك مؤلفاتهم إبان العصر الوسيط. وإن كانوا قد تأثروا فى ذلك بأقوال فلاسفة اليونان، وخصوصا أرسطو (ف٨).

٢- إذا كان الاتصال مبدأ رياضياً بحتاً، إلا أنه إرتبط فى نشأته بهدف فلسفى. فلم يُرد "زينون" لحُججه الشهيرة ضد الحركة أن تكون بحثا رياضيا خالصا، بل كان يهدف أساسا إلى الزود عن مذهب أستاذه "بارمنيدس"، القائل باتصال الوجود، وزيف الكثرة والحركة (ف١٥،١٦،١٧). وإذا كان "زينون" بتلك الحُجج قد فتح الباب على مصراعيه أمام التطور الرياضى والفيزيائى، فليس ذلك إلا دليلاً على قوة المعتقد الفلسفى، وقدرته على توجيه رؤيتنا للعالم (ف ٢٢).

٣- رغم ما أثارته المذاهب الفلسفية من غمامات ميتافيزيقية أحاطت بمصطلحى الاتصال واللاتناهى، إلا أنها كانت مبعثاً لكثير من الإيجابيات فى تاريخ العلم، يؤكد ذلك إكتشاف "ديكارت" للهندسة التحليلية كوسيلة للدقة والوضوح (ف ٣٠)، ثم إكتشاف "ليبنتز" لحساب التفاضل والتكامل بدافع من توجهاته الميتافيزيقية (ف ٣٨،٣١). هذا فضلا عن إنتقادات "باركلى" الفلسفية التى دفعت بالرياضيات إلى مرحلة التجريد العقلى المطلق (ف ٣٩). وإذا كان تصور "برجسون" لديمومة الزمان والحركة، لم يلق قبولا علمياً (ف ٩)، إلا أن تصورات "ليبنتز" إحتلت مكاناً متميزاً فى قلب العلم المعاصر (ف ٣٨)، الأمر الذى يؤكد ضرورة الميتافيزيقا كطرفٍ لاغنى عنه للمعرفة العلمية.

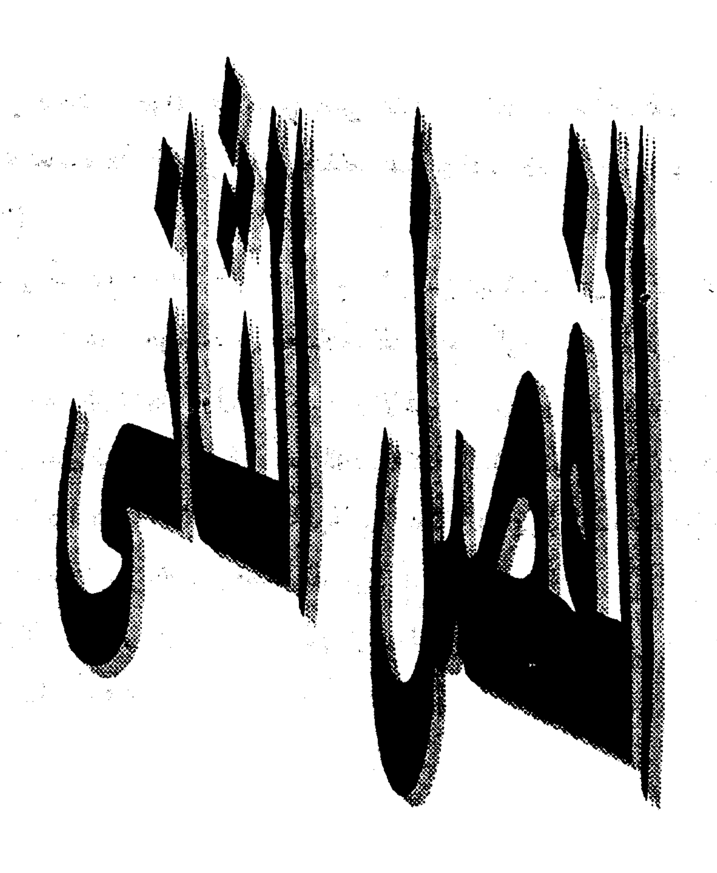
٤- رغم ما تتميز به حضارتنا الحديثة من تقنيات عالية، وقدرة فائقة على التجريب، إلا أن أفكارها ليست إلا صياغة جديدة لما قاله فلاسفة اليونان القدامى. رأينا ذلك من خلال أكثر من مقارنة عقدناها بين أفكار القدماء والمحدثين. وهذا إن دل على شئ فإنما يدل على أن إتصال الزمان والمكان - إن كان قائماً - يُواكبه تواصلٌ فى الأفكار الإنسانية. وإذا كانت وجهات النظر متغيرة، إلا أن الأفكار الأساسية دائماً ثابتة. كل ما فى الأمر أننا نُعبر عنها بأشكال مختلفة. ألسنا نبحث اليوم ونختلف فيما بحث فيه الأقدمون وإختلفوا بشأنه، فلا نستطيع تجاوز آراؤهم حتى وإن فهمناها بمعنى جديد؟.

٥- سلّم أرسطو بتحقق الاتصال فى الطبيعة، وكان أول من قدّم فيه بحثاً علمياً وافياً. ومع أن تفرقته بين ما هو مُنقسم بالقوة وما هو مُنقسم بالفعل، تمثل فجوة لايمكن ملئها فى بحثه هذا (ف٢٢،٢٥)، إلا أن التسليم بتحقق الاتصال ظل أمراً بديهيا فى الفيزياء الحديثة. فقط إقتدت الأخيرة بالنهج

الرياضى فقالت باحتواء المتصل على عناصر لاتنقسم. وتلك هى المقولة الرئيسية لعلماء هذا العصر كما وجدناها عند "جاليليو" (ف٢٩) و "نيوتن" (ف ٣٢،٣٣).

على أنه مع إقتراب القرن التاسع عشر من نهايته، أدى تراكم المعرفة العلمية إلى كشف وجوه أخرى للمشكلة. فقد إرتقت الرياضيات أعلى درجات التجريد، فاستوى لديها القول بالإتصال والإنفصال. بينما تساءلت الفيزياء من جديد عن مدى تحقق الاتصال. أما الفلسفة فقد إستغرقتها مشكلات لاتنتهى الآراء بشأنها، لاسيما مشكلتى "السببية" ، و"علاقة المفهوم الرياضى للإتصال بالخبرة الحسية" ، وتلك هى قصة الفصول التالية.

ننظر أولاً فى أمر الرياضيات، ثم نُتبع ذلك بمستجدات الواقع الفيزيائى وإنعكاساتها الفلسفية.



الاتصال الرياضي :
من الأبعاد الهندسية إلى الأعداد

تمهيد:

٤٢- مفهوم الاتصال كما أشرنا (ف٧) مفهوم رياضي مُجرد، لا ينتمي في جوهره إلى الفلسفة أو الفيزياء. وإن كانت له بالطبع نتائج هامة فلسفياً وفيزيائياً. وقد رأينا كيف أن تاريخ الاتصال كمبدأ رياضي هو في الوقت ذاته تاريخ لمشكلات الزمان والمكان والمادة والحركة، بأبعادها الفلسفية والفيزيائية. مما يجعل من هذا المبدأ مثالاً حياً للتفاعل المتبادل بين العلوم المختلفة، لا سيما بين الفلسفة والفيزياء والرياضيات.

وإذا كان مبدأ الاتصال ينتمي إلى ذلك العلم الذي إكتسب منذ نشأته صفة اليقين والصدق الإبستمولوجي، وهو الرياضيات، فلا بد وأنه قد تأثر بما تأثر به هذا العلم من أزمات عبر تاريخه، خصوصاً أزمته الكُبرى التي كان القرن التاسع عشر مسرحاً لها. والتي بلغت ذروتها باكتشاف الهندسات اللاإقليدية Non - Euclidean geometries من جهة، وإكتشاف نظرية المجموعات الكانتورية Cantorian set theory من جهة أخرى.

وبنظرة سريعة إلى هذين الإكتشافين، يتضح لنا أن الازمة قد أصابت الرياضيات في فرعيها الرئيسيين المعروفين آنذاك. أعني الهندسة والحساب. فطبقاً لثنائية التعريف الشهيرة، لم تكن الرياضيات في عُرف الفلاسفة سوى علماً للقياس measurement والترتيب order ، أو علماً للكم والمقدار. أو الكم المتصل (الهندسة) والكم المنفصل (الحساب) (١) .

---

(١) د . محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة، ص ٢٤ .

وكما رأينا (ف١٣) كان إكتشاف الفيثاغوريين للعدد الأصم حائلاً دون تقدم علم الحساب وتطوره الى جبر وتحليل* ، فتم رد الحساب إلى الهندسة. وتحت مقولة "الكم المتصل" صنّف مفهوم الاتصال بإعتباره مفهوماً هندسياً يستلزم حدساً مكانياً يُعبر عنه. وحتى حين إكتشف "ديكارت" هندسته التحليلية (ف٣٠) فرد الهندسة إلى جبر، بقى مفهوم الاتصال حبيساً للخط المستقيم الديكارتى، بوصفه "دالة" ترسم خطاً منحنياً لافجوات فيه. لكن هذه "الدالة" لم تكن هى الكلمة الأخيرة فى معنى الاتصال. ففى عام ١٨٢٠ تمكن الرياضى الفرنسى "اوغسطين كوشى" A. Cauchy (١٧٨٩-١٨٥٧) من إكتشاف دالة

---

* ثمة تفرقة تنبغى الإشارة إليها بين علوم الحساب Arithmetic والجبر Algebra والتحليل Analysis . فالحساب يعنى بدراسة نظريات الأعداد الطبيعية (١،٢،٣، . . .) والصحيحة integeres (. . . ، -٣ ، -٢، -١ ، . ، ١، ٢، ٣ ، . . .) والمنطقة rational (أى الكسور مثل ١/٢،١/٤،١/٨، . . .) أما الجبر فيعنى بإحلال الرموز والحروف محل الكميات المجهولة والمعلومة، والحصول على الأولى بالتعويض عن الثانية وفقا لعلاقات رياضية محددة. ومنه "جبر المنطق"، أى تطبيق الجبر على العلاقات المنطقية. أما التحليل فيعنى بدراسة نظريات الأعداد الحقيقية Real (وتشمل الأعداد السابق ذكرها بالإضافة إلى الأعداد الصماء أو اللامنطقة مثل $\sqrt{2}$) والأعداد التخيلية (وهى جذور الأعداد السالبة، وأبسطها $\sqrt{-1}$). وإنطلاقا من هذه التفرقة يتضح معنى عبارة "تحسيب التحليل" التى زاعت فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر، فهى تعنى إذن رد التحليل"، الذى كان خاضعا لإعتبارات هندسية، إلى الحساب وحده. أو بالأحرى تعميم العدد الصحيح والإمتداد به إلى ميدان التحليل.

See Runes,(ed) :dict. of philo., item "Analysis (mathematical), P.26 & item "Arithmatic (foundations of), PP. 38-39.

وأيضا: المعجم الفلسفى، مادة "جبر"، ص٥٩ & رسل أصول الرياضيات، حـ٣، ص ص ١٠٧-١٠٨

منفصلة* على عكس ماتوحى به شهادة الحدس الهندسى، كما تمكن من توسيع أفق "نظرية الدوال" بأن وضع دالة أحد إحداثييها عدد تخيلى Imaginary وأسماها "الدالة التحليلية" Analytic function ، مما أدى إلى زعزعة يقين الحدس الهندسى للإتصال، وإلى عدم الثقة فيه أو الركون إليه فى علم التحليل. وفى عام ١٨٤٠ إكتشف الرياضى الألمانى "فير ستراس" K. Weierstrass (١٨١٥-١٨٩٧) دالة متصلة ولكنها لا تقبل التفاضل، وكان الاتصال والتفاضل متلازمين إلى ذلك الحين. ومن جهة أخرى تمكن الرياضى الألمانى "ريمان" B. Riemann (١٨٢٦-١٨٦٦) عام ١٨٥٠ من إنشاء دالة منفصلة تقبل التكامل مع أن التكامل كان ملازماً للإتصال، فعمم بذلك نظرية "كوشى". وهكذا وجد الرياضيون أنفسهم أمام إكتشافات غريبة تبعث على القلق، ولكنها تفتح فى الوقت ذاته آفاقاً واسعة أمام التحليل. هذا فضلاً عن أنها أبرزت الحاجة إلى ضرورة إستقلال التحليل عن حدس

* الدالة المنفصلة هى تلك التى تفرض وجود إنفصال أو فجوة فى الخط البيانى الممثل لها. خذ مثلا "مكان ميلاد أصغر شخص يعيش فى زمن ز" . هذه دالة لـ ز ، وقيمتها ثابتة من زمن ميلاد شخص إلى زمن ميلاد الشخص الذى يليه. أما إذا تغيرت قيمة الدالة فجأة من مكان الميلاد إلى مكان آخر ، فحينئذ تحدث فجوة فى قيمة الدالة ، وتصبح دالة منفصلة.

والحق أنه على الرغم من أن الدوال المتصلة هى الأكثر شيوعا، إلا أنها هى الإستثناء ، فمنذ إكتشاف "كوشى" للدالة المنفصلة ، أصبح عدد الدوال المنفصلة أكثر بما لانهاية له من الدوال المتصلة.

أنظر : رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية، ص١١٨ وما بعدها.

الاتصال الهندسي ، ورده برمته إلى ميدان العدد الصحيح، فيما عُرف بحركة تحسيب الرياضيات(٢).

وعلى الرغم من أن هذه الحركة كانت هي الأوسع تأثيراً على مفهوم الاتصال، إلاأنها فى الحقيقة كانت صدى لحركة أخرى سبقتها، لكن ميدانها هذه المرة هو "الكم المتصل" نفسه-أي الهندسة - حيث أدى البحث فى بداهة إحدى مسلمات "إقليدس" إلى قيام هندسات عديدة لا إقليدية ، تختلف فيما تسلم به عما سبق وأقره أقليديس من مسلمات، ومع ذلك فإن قضاياها تمثل كلاً متسقاً داخلياً مع نفسه. ليس هذا فحسب بل إن بعض هذه الهندسات أصبح لا يمت إلى مفهوم الكم - متصلاً كان أو منفصلاً - بأدنى صلة. وعلى هذا لم تعد الرياضيات تُعرّف كما كان من قبل على أساس موضوعها أو بأنها علم "للكم المتصل والمنفصل، بل أصبح التعريف المعاصر لها يميل إلى تمييزها بمنهجها أكثر منه بمادة موضوعها. أما هذا المنهج فهو النسق الإستنباطى Deductive أو الأكسيوماتيكى Axiomatic المتحرر تماما من حدس المكان(٣) .

تلك لمحة سريعة عما تعرض له مفهوم الاتصال من تطورات خلال القرن التاسع عشر، مما يثير لدينا عدداً من التساؤلات نسعى للإجابة عنها فى نطاق هذا الفصل ، ويمكن أن نجملها فى النقاط التالية:-

---

(٢) د. محمد ثابت الفندى : المرجع السابق، ص ص ٩٢-٩٤ . وأيضا : د. محمد عابد الجابرى: تطور الفكر الرياضى والعقلانية المعاصرة (جـ١، ط٢، دار الطليعة للطباعة والنشر، بيروت، ١٩٨٢) ص ص ٨٧-٨٨ .

(3) Rues, OP. Cit, item "Mathematic", P205.

١- هل فقدت الدالة التفاضلية دلالتها الهندسية المعبرة عن إتصال الخط المستقيم الديكارتى؟. وبأى معنى نفهم هذا الاتصال ، أبالأعداد الصحيحة وحدها؟ . وهل يعنى ذلك نجاح علماء التحليل فى رد الكم المتصل إلى الكم المنفصل، ومن ثم تجاوز الثغرة الفيثاغورية التى ألقت بالتحليل فى أحضان الهندسة ؟.

٢- إذا كانت الهندسة قد تخلت عن تمثيلاتها المكانية القائمة على الوصف العينى للواقع، فما معيار الصدق إذن فى هذا العلم المرتبط فى أذهاننا بإتصال المكان؟. وهل يحتمل اليقين الرياضية تعددية هندسية متفاوتة المبادئ والقضايا ؟.

٣- إلى أى حد تمكن "كانتور" من تجاوز متناقضات الأعداد اللامتناهية؟. وهل يمكن إعتبار "نظرية المجموعات" أساساً وحيداً للرياضيات لايتطرق إليه الشك ؟.

٤- هل نجح "فريجه" و "رسل" فى رد الرياضيات بأكملها الى أصول منطقية خالصة ، أم أن للحدس والأكسيوماتيك دور لا يمكن إغفاله فى علاج أزمة الأسس؟.

٥- أخيراً، هل أصبح مفهوم الاتصال أكثر ثراءً بتحرره من حدس المكان ، بحيث يخلو تماماً من أية نقيضة منطقية أفرزتها الأبعاد الهندسية ؟.

لنستكمل إذن تفصيلات الأزمة الرياضية التى كان تصور الاتصال محوراً أساسياً لها، ولنبدأ أولاً بالهندسة .

أولاً :تطور الهندسة الحديثة .

١- هندسة إقليدس:

٤٣- إذا كنا بصدد الحديث عن الهندسة ، فلابد وأن نبدأ بما دونه "إقليدس" فى كتابه "الأصول"، حيث تجلى أول نسق هندسى إستنباطى أو أكسيوماتيكى عرفته الحضارة الإنسانية(٤)* وبه خطت الرياضيات أولى خطواتها نحو إعتلاء عرش اليقين، بكل ما لهذا اليقين من معانٍ ودلالات.

---

(٤) د. محمود فهمى زيدان : أزمة اليقين فى الرياضيات والمنطق ، ص٨٥ .

* على الرغم من أن بدايات الهندسة ترتبط فى أذهاننا بإسم "إقليدس" وبكتابه "الأصول"، إلا أن تاريخها يعود بنا إلى ما قبل ذلك. وبالتحديد إلى الحضارة الفرعونية ، حين إبتكر المصرى القديم عدة طرائق رياضية تعينه على حل مشاكله اليومية، وإعادة تقويم مساحة أرضه بعد كل فيضان. وتلك هى نقطة البدء فى نشأة علم المساحة الذى هو علم الهندسة فى مرحلته التجريبية. وبهذا المعنى التجريبى فهم الإغريق القدامى علم الهندسة ، وإن كانوا قد إرتقوا بعد ذلك سلم التجريد العقلى. وليس أدل على ذلك من أن كلمة Geometry (أى الهندسة) كلمة مشتقة من مقطعين يونانيين، وهما ge بمعنى أرض ، أو بالأحرى سطح الأرض، و Metrein بمعنى يقيس. ومن الواضح أنه عندما صيغت هذه الكلمة كان إهتمام الإغريق منصباً على قياس الأرض. ومن ناحية أخرى إذا كان إقليدس هو أول من صاغ نسقاً أكسيوماتيكياً عرفته البشرية، إلا أن "أرسطو" قد سبقه فى وضع اسس هذا النسق، يتضح ذلك من كتابه "التحليلات الثانية" الذى تناول فيه البرهان الرياضى وصلته بالمنطق الصورى، فبين أن اليقين الذى تمتاز به قضايا الرياضيات ونظرياتها، إنما يرجع بالضرورة إلى كونها علم إستنباطى برهانى يستلزم لقيامه مجموعة من المبادئ الأولية هى التعريفات والبديهيات والمسلمات. وهذا بعينه ما فعله إقليدس بعد ذلك مُطبقاً هذا النسق على الهندسة. أنظر:

د. محمد ثابت الفندى: المرجع السابق، ص ٣٠، ص ص ٤٣-٤٤.

وأيضاً جورج جاموف: بداية بلا نهاية (ترجمة محمد زاهر، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٠)، ص٥٣.

وبه أيضاً أصبح النهج الرياضى هدفاً تتطلع إليه كل العلوم. يُعبر "ديكارت" عن ذلك فى "مقاله عن المنهج" فيقول:"تلك السلاسل الطويلة من الحُجج - وكلها بسيطة وسهلة- التى إعتاد أصحاب الهندسة الإستعانة بها للوصول إلى أصعب براهينهم، يسرت لى أن أتخيل أن كل الأشياء التى يمكن أن تقع فى متناول المعرفة الإنسانية تتابع على طريقة واحدة"(٥). وإذا كان هذا هو حال "ديكارت" - فيلسوف الدقة والوضوح - فليس من المستغرب أن يصف "كانط" هذا النسق الهندسى بأنه "المنهج الضرورى على الإطلاق"(٦).

٤٤- و "الأكسيوماتيك" نظرية تعنى بصفة عامة "إختيار عدد من القضايا الأولية البسيطة كنقطة إبتداء، ثم نشرع فى إستنباط قضايا أخرى من تلك الأولى بمساعدة بعض التعريفات" (٧). والأكسيوماتيك يعنى أيضاً إختيار مماثل للألفاظ، فما نبدأ به من "حدود"، نفترض أنها حدود أولية بسيطة، بها نُعرف الحدود الأخرى التى يجرى إدخالها خلال تطور النسق(٨).

وهكذا يبدأ "إقليدس" نسقه بتعريف الحدود الأساسية للهندسة، مثل "النقطة" و"الخط". كقوله مثلا فى التعريف الأول:"النقطة ما ليس له أجزاء، أو ما ليس له بُعد". أو كقوله فى التعريف الثانى :"الخط طول لاعرض له". وكما

---

(٥) ديكارت: مقال عن المنهج ، ص ١٩٢.

(٦) كانط: مقدمة لكل ميتافيزيقا مقبلة يمكن ان تصير علماً (ترجمة د.نازلى إسماعيل حسين، مراجعة د. عبدالرحمن بدوى، دار الكتاب العربى للطباعة والنشر، القاهرة، ١٩٦٨) ، فقرة ١٢، ص ص ٨٠-٨١.

(٧) أ. هـ. بيسون & د.ج. أوكونر: مقدمة فى المنطق الرمزى، (ترجمة د. عبدالفتاح الديدى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٨٧)، ص١١١.

(8) Parsons, C.: Foundations of Mathematicas, ed, in Ency. of philo. Vol(5), P. 190.

نلاحظ، لم يُحاول "إقليدس" أن يضع تعريفاً لكل الحدود التى يستخدمها فى بناء النسق. ففى التعريفين السابقين تعريف للنقطة والخط، بينما الكلمات المستخدمة فى التعريفات نفسها مثل "أجزاء" و "طول" و "عرض" هى حدود لا معرفة يحتويها النسق التقليدى. وكلما حاولنا تقديم تعريف جديد نستخدم فيه الحدود السابق تعريفها بالإضافة إلى الحدود اللامعرفة(٩).

ينتقل "إقليدس" بعد ذلك إلى المبادئ الأساسية للنسق، أو القضايا اللامبرهنة Unproved propositions . وهنا يميز بين نوعين من القضايا الأولية: المسلمات (أو المصادرات) Postulates، والبديهيات Axioms.

وليس من فارق بينهما سوى فى درجة التعميم. فالبديهيات تختص بالمفاهيم العامة Common notions، أى تلك التى لاتتعلق بالنسق الهندسى وحده ولو أردنا الدقة تختص البديهيات بمفهوم " المقدار " Magnitude ، كأن نقول مثلاً أن " المساواة " Equality متعدية Transitive (أى إذا كانت أ = ب ، ب= جـ ، فإن أ = جـ) ولا تتأثر باضافة المتساويات (أى إذا كانت أ= ب ، جـ = د ، فإن أ + جـ = ب+ د) (١٠).

أما المسلمات فتختلف من نسق إلى آخر، وقد وضع إقليدس خمس مسلمات هندسية، وهى(١١):-

١- يمكن مد خط مستقيم بين أى نقطتين.

٢- أى خط مستقيم متناه هو جزء من خط مستقيم لامتناه.

---

(٩) د. محمد محمد قاسم: نظريات المنطق الرمزى، بحث فى الحساب التحليلى والمصطلح (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩١) ص١٢٥.

(10) Van Fraassen: An introduction to the philosophy of Time and Space, Columbia University Press, N.Y, 1985, P.117.

(11) Lucas: A Treatise on Time and Space, Op. Cit, P.154.

٣- يمكن رسم دائرة بأى مركز وبأي قُطر.

٤- كل الزوايا القائمة متساوية.

٥- إذا قطع خط مستقيم خطين مستقيمين آخرين بحيث يكون مجموع الزاويتين الداخلتين من جهة واحدة من القاطع أقل من قائمتين، فإن هذين الخطين يلتقيان إذا إمتدا من جهة هاتين الزاويتين.

ونلاحظ هنا أن "الخط" لا يعنى قطعة Segment متناهية، وإنما يعنى "خط مستقيم ممتد الى ما لا نهايه فى كلا الاتجاهين" (١٢).

ومن جملة المقدمات السابقة (التعريفات والبديهيات والمصادرات) يشتق إقليدس مجموعه من القضايا المبرهنة أو " المبرهنات " theorems، يتم البرهنة على صحتها بإعتبارها مشتقة أو مستنبطة من الحدود والقضايا الأولية. وذلك من خلال ثمانى خطوات تبدأ بذكر منطوق المبرهنة، ومروراً بالإستعانة بأشكال مرسومة، وإفتراض صحة القضية.... وإنتهاء بأعلان النتيجة(١٣).

ومن هذه المبرهنات تهمنا فقط الإشارة إلى المبرهنة رقم ١٧ لأنها وراء أزمة الأسس التى إنطلقت شرراتها الأولى من المسلمة الخامسة، المعروفة بمسلمة التوازى the parallel.

تقول المبرهنة : " مجموع أى زاويتين فى المثلث أقل من قائمتين" . وبإستخدام المسلمة الخامسة يمكن أن نُضيف : " وإذا كان مجموع زاويتا القاعدة فى شكل ثلاثى الأضلاع أقل من قائمتين، فلابد وأن يكون هذا الشكل

---

(12) Runes , OP Cit ,item " geometry " , p. 228 .

(١٣) د. محمد قاسم : المرجع السابق ، ص ١٢٧ .

مثلثاً" . وهكذا يمكن أن نبرهن على أن مجموع زوايا المثلث مساو بالضبط لقائمتين[14] .

ولكن ألا يمكن أن يكون هذا المجموع أكثر أو أقل من قائمتين؟ . هذا ما سيجيب عنه أصحاب الهندسات اللاأقليدية .

ب- هندسات لاإقليدية :

٤٥- المسلمة الخامسة لها تاريخ طويل وشيق. فعلى الرغم من أن إقليدس يُصنفها ضمن مبادئ يُفترض أنها واضحة بذاتها، إلا أنها بدت غير ذلك، إذ لما كانت تفترض أن الخطين المتوازيين لابد وأن يمتد إلى ما لا نهاية في كلا الإتجاهين، فإن نقطة التلاقي- لو كان مجموع الزاويتان الداخلتان أقل من قائمتين- قد تكون من البُعد بحيث تخرج عن نطاق الخبرة المباشرة.

ولايمكن في هذه الحالة اللجوء إلى الأشكال المرسومة لإثبات المسلمة، لأن أية مساحة يمكن أن تحتويها الخبرة لابد وأن تكون صغيرة نسبياً. وبذلك تعجز هذه المسلمة عن أن تكون واضحة بذاتها كباقي المسلمات، ويجب بالتالي إقامة البرهان على صحتها.

وقد بُذلت بالطبع محاولات عديدة للرد على هذا الإعتراض ، منها أن المسلمات الأخرى تستعصى على الخبرة بنفس الطريقة تمامًا. ولو كان هذا الإعتراض صحيحاً فلم لانشك في إمتداد الخط المستقيم إلى ما لانهاية كما تنص المسلمة الثانية، أو نشك في إمكانية رسم دوائر بأقطار لامتناهية في

---

(14) Van Fraassen , OP. Cit, p.120.

الكبر كما تنص المسلمة الثالثة ؟ . فهذه كلها إفتراضات تخرج عن نطاق الخبرة المباشرة(١٥).

لكن هذا الرد رغم وجاهته لم يكن برهاناً مباشراً يثبت صحة المسلمة، فضلاً عن أنه يفتح باب الشك في باقي المسلمات، مما دفع البعض إلى محاولة إثبات صحة المسلمة بإستخدام " برهان الخلف "، بمعنى أن إستحالة إثبات بُطلان تلك القضية يتضمن في ذاته صحتها. نذكر في هذا الصدد محاولة الرياضي العربي " نصير الدين الطوسي "(١٢٠١-١٢٧٣)، ومن بعده القس الإيطالي " جيرولامو ساكيري " G.Saccheri (١٦٦٧-١٧٣٣).

وربما كان الأول مصدراً للثاني في ذلك ، حيث تُرجم كتابه الأساسي " شكل القطاع " إلى عدة لغات، منها اللاتينية والإنجليزية والفرنسية، وبقى قروناً طويلة مرجعاً لعلماء أوروبا فيما يتعلق بعلم الهندسة (١٦).

ومجمل القول في برهان " الطوسي " و" ساكيري " ، والمعروف بفرض الزاوية الحادة the acute- angle hypothesis ، أنه لايمكن رسم أكثر من موازٍ واحد لمستقيم معين من نقطة ما خارج هذا المستقيم، لأن ذلك لا يتسق وطبيعة الخط المستقيم ، بل ويتناقض مع باقي مسلمات إقليدس (١٧) .

---

(15) Ibid , pp. 118-119.

(١٦) أنظر قدرى حافظ طوقان: العلوم عند العرب (ط ٢، دار إقرأ ، بيروت ، ١٩٨٣) ، ص ص ٢٢٢- ٢٥ .

(17) Saccheri , G. : " Euclid cleansed of all blemich ", Trans by G.B.Halsted , Open Court, Chicago, 1920, proposition xxiii , p. 173 , Quoted by Van Fraassen, OP . Cit , p. 119.

وعلى الرغم من سلبية هذا البرهان، الذي يُثبت فقط إستحالة نقيض المسلمة، إلا أنه أتاح فرصة التوسع فى إختبار الفروض المضادة لمسلمات إقليدس، مما كان إيذاناً بنشأة هندسات أخرى لا إقليدية.

٤٦- ومع بداية القرن التاسع عشر ، شعر الرياضيون بأن الوقت قد حان كي يتوقفوا عن محاولة البرهنة على صحة هذه المسلمة ، وأن يحاولوا بدلا من ذلك إقامة أنساق أخرى تستبدل فيها قضية أو أكثر بما يقابلها من قضايا النسق الاقليدى . وكصدى لهذا الشعور سُمي الجزء الذى لايعتمد على المسلمة الخامسة فى هندسة إقليدس بالهندسة المطلقة absolute geometry.

هذا الجزء يتضمن الثمانى والعشرين مبرهنة الأولى ،ويعتمد بالضرورة على المسلمات الأربع الأولى فى النسق . وبإضافة المسلمة الخامسة تمتد الهندسة المطلقة داخل نطاق الهندسة الإقليدية.أما إنكارها، وإثبات فرض الزاوية الحادة، فيؤدى إلى ما أصبح يُسمى بالهندسة الزائدية hyperbolic geometry . وتلك الأخيرة نجح فى تطويرها- بشكل مستقل- ثلاثة من أكبر الرياضيين فى القرن التاسع عشر، وهم على الترتيب : الألمانى "كارل فردريش جاوس" K.F.Gauss (١٧٧٧-١٨٥٥) ، والمجرى " جونس بولياى " J.Bolyai (١٨٠٢-١٨٦٠)، والروسى " نيكولاى لوباتشفسكى " N.lobachevsky (١٧٩٢-١٨٥٦) . ولئن كانت جهود الأخير هى الأكثر شهرة فى هذا الصدد، فذلك لأنها كانت أول عرض منهجى منشور (١٨٢٨) لهندسة لاإقليدية [١٨].

---

(18) Ibid .

وما يميز هذه الهندسة، مخالفتها للنسق الإقليدى فى القضايا التالية[١٩]:-

١- المكان سطحٌ مُقعر، درجة الإنحناء به أقل من صفر. وذلك على عكس الفرض الإقليدى القائل بأن المكان سطح مستوٍ درجة الإنحناء به صفر.

٢- مجموع زوايا المثلث أقل من قائمتين.

٣- من نقطة ما خارج خط مستقيم يمكن رسم عدد لامتناه من المستقيمات الموازية له.

٤٧- وبعد مرور ما يقرب من رُبع قرن (١٨٥٤)، قدّم الرياضى الالمانى " برنارد ريمان " هندسة أخرى، لا تخالف الهندسة الاقليدية فحسب، بل وتخالف أيضاً ما سبق أن سميناه بالهندسة المطلقة، بالإضافة إلى هندسة " لوبا تشفسكى ". هذه الهندسة الجديدة تُعرف بالهندسة الناقصية elliptical geometry أو بالهندسة الكروية spheridal geometry ، وهى تُخالف الأنساق السابقة فى القضايا التالية [٢٠]:-

١- المكان سطح كروى ، درجة الإنحناء به أكبر من الصفر.

٢- الخط المستقيم لا يمكن أن يمتد إلى ما لانهاية ، وإنما هو مُنته لأنه دائرى، وبذلك تسقط المسلمة الثانية فى النسق الإقليدى المطلق.

٣- لا مستقيمات متوازية، فكل المستقيمات تتقاطع فى نقطتين.

٤- مجموع زوايا المثلث يزيد على قائمتين.

ومن إختلاف قضايا الأنساق الثلاثة السابقة، نصل إلى نتيجة هامة تُفيد بأن مسلمة التوازى مُستقلة منطقياً عن باقى مسلمات إقليدس، مما يتيح لنا

---

(19) Ibid , p 120.

(20) Ibid .

إمكانية إستبدال مسلمة أو أكثر بأخرى من أى نسق، فنحصل بذلك على هندسات جديده متتابعة القضايا دون أن نقع فى التناقض . وهذا تغيير جوهرى فى أسس الهندسة يقودنا إلى التساؤل عما إذا كان من الممكن إحداث مزيد من التغيرات بحيث نحصل على مزيد من الهندسات، ومع تطور البحث فى أسس الهندسة كان الرد بالإيجاب (٢١) .

جـ - هندسات لا قياسية Non - metrical geometries:

٤٨- لكى نفهم الهندسات الثلاث السابقة، لابد وأن نلاحظ أنها جميعاً تفترض مُسبقاً تصور المكان. فهو إما أن يكون سطحاً مستوياً (إقليدس) ، أو سطحاً مُقعراً (لوبا تشفسكى)، أو سطحاً مُحدباً (ريمان) . وهذا يعنى أن أصحاب تلك الأنساق قد نظروا إلى الأشكال الهندسية بوصفها أشكالاً متحركة فى المكان. هذه الحركة ضرورية لإشباع شرط القياس (قياس الزوايا والمسافات) . فلو نظرنا مثلاً إلى مفهوم " المساواة " ، وهو إحدى صور القياس، لوجدنا أنه يستلزم إنطباق شكل على آخر فى موضع ما، ومن ثم يصبح هذا التطابق congruence ممكناً فى أى موضع آخر. وكان الألمانى "هيرمان فون هيلمهولتز" H.V. Helmholtz (١٨٢١-١٨٩٤) أول من صاغ هذا الإفتراض فى العصر الحديث، مسميا إياه "مبدأ الحركية الحرة" The Principle of freemobility، ووفقا لهذا المبدأ تلتقى الهندسات الثلاث السابقة (الإقليدية والزائدية والناقصية) عند إسم واحد مشترك هو أنها "هندسات قياسية أو مترية" (٢٢).

---

(٢١) د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة ، ص ٥٩ .

(22) OP. Cit, P-118.

٤٩- ومع مزيد من البحث فى أسس الرياضيات نشأ مبحث جديد يُعرف بـ "ما وراء الرياضيات" Meta Mathematics ، ينصب الإهتمام فيه على "دراسة خواص الأنساق الأكسيوماتيكية بإعتبارها أنساقا صورية"(٢٣).

ووفقا لصورية النسق، بدأ الهندسيون فى التخلى التدريجى عن شرط القياس، فلو تخلينا مثلا عن مفهوم "التطابق"، لحصلنا على هندسة جديدة تعرف بالهندسة الإسقاطية Projective geometry (٢٤).

فى هذه الهندسة على عكس ما سبقها، لاتؤخذ فكرة "المساواة" فى قياس الأشكال، وإنما تؤخذ فقط فكرة "التكافؤ" Equivalence بينها، إذ يكفى أن ننتقل من شكل إلى آخر بالتحويل الإسقاطى Projective transformation. أى أن يكون أحد الشكلين هو المنظر المُسقط للآخر دون مساواة بينهما. وعلى هذا فإن شكلا ما يمكن أن يكافئ أو يناظر آخر فى الهندسة الإسقاطية مهما إختلف فى حجمه ومساحته وأطواله. (٢٥)

٥٠- ولا شك أننا فى الهندسة الإسقاطية لا نتخلى تماما عن شرط القياس حيث لازال من الضرورى إجراء القياس لتمييز الخطوط المستقيمة مثلا عن المنحنيات Curves . فإذا ما سقط مفهوم الخط Line، وهو المفهوم القياسى الأخير الذى إحتفظت به الهندسة الإسقاطية، وجدنا أنفسنا أمام واحدة من أهم الهندسات وأكثرها إثارة وصعوبة، ألا وهى هندسة الوضع Geometry of Situation أو التوبولوجيا Topology .

---

(23) Ibid, P-121.

(24) Lucas : A Treatise on Time and Space, P-157.

(٢٥) د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة ، ص ٦٠.

والتوبولوجيا هندسة تعنى بالكيف فقط دون الكم، فلسنا هنا بحاجة إلى مفاهيم كالخط أو المسافة أو المساواة أو التعامد Perpendicularity وما إلى ذلك، ولكننا نقول أن شكلين أو أكثر يتعادلان إذا كانت لهما نفس السمة التوبولوجية Toplogoical feature ، ونعنى بالسمة التوبولوجية لشكل ما ، تلك التى تبقى رغم إجراء تشويهات متصلة لهذا الشكل (كالتمدد والإلتواء والضغط . . . الخ) بشرط ألا يؤدى ذلك إلى تمزيق الشكل [٢٦].

فإذا قلنا مثلا أن السمة التوبولوجية لبالون من المطاط هى أنه سطح مغلق، فإن هذه السمة تبقى كما هى رغم كل ما يمكن أن نجريه من تشويهات متصلة على سطح هذا البالون، عن طريق شده أو الضغط عليه أو بأى طريقة نريدها، ما عدا قطعه أو تمزيقه، وفى هذه الحالة يمكن أن نقول أن البالون يعادل الكرة أو البيضة ، أو حتى ثمرة من ثمار الفاكهة، لأنها جميعاً تشترك فى سمة توبولوجية واحدة هى كونها سطوحاً مُغلقة، ولكنه لا يُعادل مثلا عجلة السيارة لأنها مُفرغة من الوسط[٢٧].

ولا شك أن هذا التصور مخالف تماماً لتصور الهندسات السابقة عن العلاقات بين الأبعاد الخطية والمساحات المسطحة وأحجام الأجسام الهندسية، لأن هذه العلاقات تختل مادياً إذا ما طرقنا مكعباً مثلاً وحولناه إلى منشور متوازى الأضلاع أو ضغطنا على كرة وحولناها إلى قرص مستدير[٢٨].

٥١- أمامنا إذن عدد من الهندسات المختلفة، القياسية وغير القياسية، كل منها له خواصه ومميزاته ومجال إستخدامه. وطالما إستبعدنا فكرة واقعية

---

(26) Van Frassen, Op. Cit, P-59.

(٢٧) جورج جاموف: بداية بلا نهاية ، ص ٥٤.

(٢٨) نفس الموضع.

المكان، فمن الممكن بتحويلات مناسبة للمسلمات أو البديهيات، أن نحصل على عدد لامتناه من الأنساق الهندسية الممكنة منطقياً. وهنا نصل إلى سؤال هام : كيف نتمكن من ترتيب هذه الأنساق ؟ . وبعبارة أخرى : أى هذه الأنساق أسبق من غيره، أو أساسى أكثر من غيره؟؟

ولكى نجيب عن هذا السؤال لابد وأن نعود إلى الرياضى الألمانى "فيلكس كلاين " Felix Klein (١٨٤٩-١٩٢٥) الذى كان أول من قدم إقتراحاً بهذا الشأن عام ١٨٧٢ .

كان إقتراح " كلين " هو أن كل هندسة (هـ) تتميز بعائلة وحيدة من التحويلات (ت)، وتتعامل مع ما للأشكال الهندسية من خواص وعلاقات لا تتغير بتلك التحويلات.

على سبيل المثال : لو كان لدينا مثلثاً مطاطياً، وغيرناه تماماً عن طريق الشد، فإن أية خاصية للمثلث يتم تغييرها بهذه العملية، لن يكون من الممكن معالجتها بالهندسة الإقليدية، وإن كان هذا ممكناً فى التوبولوجيا، أما إذا غيرنا لون المثلث من أبيض إلى أسود، أو غيرنا مادته من مطاط إلى معدن، فلن يؤثر هذا التحويل على الهندسة الإقليدية. وكمبدأ عام " يمكن أن نصف الهندسة (هـ١) بأنها أساسية أكثر من الهندسة (هـ ٢)، إذا كانت العائلة (ت١) هى جزء أصلى من (ت٢) (٢٩).

---

(29) OP- Cit , pp. 122-23. And see for more detail :

-Blumenthal , L. M : A modern view of geometry , free man , San Francisco , 1961.

- Meserve , B.E : Fundamental concebts of geometry, Reading Press , Mass, 1955.

٥٢- يمكننا الآن أن نصل إلى إستنتاج عام يُفيد بأن كل نسق هندسي - إقليدي أو لا إقليدي - هو في ذاته صحيح. فإن بدأنا بتعريفات ومبادئ ومسلمات إقليدس، جاءت مبرهنات النسق من تلك المقدمات، ومن ثم فهو صحيح. وإن بدأنا بفروض "لوباتشفسكي"، جاءت مبرهناته صحيحه. وبالمثل مع أي نسق آخر. [٣٠].

ولا يعني ذلك إنتفاء معايير الحكم على الأنساق الهندسية المختلفة؛ فلكي تكون تلك الأنساق صحيحة، لابد من إستبعاد شروط ثلاثة أصر عليها إقليدس، وهي [٣١] :-

١- أن تكون المبادئ واضحة بذاتها.

٢- أن يؤدى إنكارها إلى الوقوع في التناقض.

٣- أن تكون قضايا النسق صادقة على الواقع.

بالنسبة للشرط الأول، رأينا أن المسلمة الخامسة، وإن كانت واضحة بذاتها لإقليدس نفسه، إلا أنها لم تكن كذلك لمن جاءوا بعده. ومن ثم فالوضوح أمر إنساني فردي. قد يكون واضحاً لي ما ليس واضحاً لك، وقد يكون واضحاً لعصر ما كان غامضاً في عصر مضى، ولا صلة للأكسيوماتيك بموضوعات أو رؤى فردية. وفيما يتعلق بالشرط الثاني رأينا كذلك أن إنكار المسلمة الخامسة لم يؤد إلى وقوع في التناقض، بل أدى على العكس من ذلك إلى نشأة أنساق أخرى لاتقل في منطقيتها عن نسق إقليدس، طالما أن مبرهناتها تتفق مع ما سبق أن إفترضته من مبادئ.

---

(٣٠) د . محمود فهمي زيدان : أزمة اليقين في الرياضيات و المنطق، ص ٨٨ .

(٣١) نفس الموضع .

أما الشرط الأخير، وهو إفتراض صدق القضايا على الواقع، فأجدرها جميعا بالإستبعاد، خاصة بعد أن تطور البحث فى بنية الأنساق الأكسيوماتيكية، لتصبح الهندسة علماً بتلك الخواص الهندسية الممكنة عقلاً فحسب، لا علماً بخواص الموجودات القائمة بالفعل فى عالم الواقع. وعلى هذا، فليس لنسق دون آخر أن يدّعى إحتوائه لخواص المكان الحقيقى أو الفعلى كما كان الأمر عند الرياضيين فى تصورهم لهندسة إقليدس(٣٢). ولنأخذ مثلاً على ذلك الفرض الأساسى الذى يقوم عليه النسق الإقليدى، وهو أن المكان سطح مستو. هذا الفرض خاطئ وفاسد. خاطئ لأن وقائع الفيزياء المعاصرة تكذبه، وفاسد لأن الهندسة – كفرع من الرياضيات البحتة – لاصلة لها بصدق أو كذب واقعى.

لقد كان المكان سطحاً مستوياً حتى فيزياء "نيوتن"، ومن ثم إفترض نيوتن أنه إذا خرج شعاعان متوازيان من مصدر ضوئى عبر الفضاء، فإنهما لن يلتقيا مهما إمتدا. ولكن رأى "آينشتين" أن المكان الفيزيائى ليس إقليدياً، ومن المحتمل أن يكون "ريمانيا" ، أى سطحاً كروياً، وقال إن شعاعى الضوء المتوازيان يلتقيان فى النهاية. لم يبرهن آينشتين على هذا الفرض، ولكنه رأى أن الوقائع الفيزيائية والفلكية تميل إلى تأكيده. ولايعنى ذلك أن النسق الإقليدى غير صحيح، ولكننا نقول أنه صحيح كنسق صورى محض، لا أن يدّعى أنه صادق على الواقع(٣٣). وقد عبر الفيلسوف والرياضى الإنجليزى "ألفريد نورث وايتهد" Whitehead (١٨٦١-١٩٤٧) عن هذا فقال : "كانت هندسة إقليدس تُعد فى وقت من الأوقات وصفاً دقيقاً للعالم الخارجى، ولكن العالم

---

(٣٢) د. محمد ثابت الفندى: فلسفة الرياضة ، ص٦٢.

(٣٣) د. محمود فهمى زيدان: المرجع السابق، ص ص ٨٨-٨٩.

الوحيد الذى يصبح أن تكون وصفاً دقيقاً له هو عالم هندسة إقليدس فحسب"(٣٤).

خلاصة هذا، أن مسألة الحقيقة التى يمكن أن ننسبها إلى قضايا هندسة ما أصبحت تعنى فقط "عدم تناقض" تلك القضايا فيما بينها، ولا تعنى إطلاقاً المعنى القديم للحقيقة، وهو مطابقة القضايا للواقع أو المكان الخارجي(٣٥).وكما يقول آينشتين: " على قدر تعلق قوانين الرياضيات بالواقع فإنها لا تكون مؤكدة، وعلى قدر تأكدها فإنها لا تكون متعلقة بالواقع" (٣٦).

ثانياً : تحسيب التحليل وتعميم العدد.

أ- أزمة الأسس من الهندسة إلى التحليل:-

٥٣- مع بداية النصف الثانى من القرن التاسع عشر، كان لابد لأزمة الأسس أن تنعكس بآثارها التجريدية على ميدان التحليل. لا سيما وأن الهندسة ذاتها - وهى الممثل الوحيد لمفهوم الاتصال حتى ذلك الحين - قد تخلت تماماً عن أى إعتبارٍ مكانية، وإنتقلت بأنساقها من مرحلة الوصف العينى للعالم ، القائم على الأشكال الهندسية، إلى مرحلة الصياغة الصورية القائمة على علاقات منطقية خالصة. وكان من الطبيعى إزاء ذلك أن يُجمع التحليليون على حجب الثقة عن الإمتداد الهندسى كأساس لعلمهم، خاصة بعد إكتشاف

---

(٣٤) نقلاً عن د. على عبد المعطى محمد : وايتهد، فلسفته وميتافيزيقاه (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية، ١٩٨٠)، ص٦٢.

(٣٥) د. محمد سالم الفندى : المرجع السابق، ص ٦٣.

(٣٦) آلبرت آينشتين : أفكار وآراء (مجموعة مقالات مجمعة، ترجمة د. رمسيس شحاتة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة ، ١٩٨٦) ، ص ٢٥.

الدوال المنفصلة والتحليلية (ف ٤٢)، وأن يولوا وجوههم شطر الأسس والأصول العددية لعلم الحساب بغرض تنقيتها من أية روابط هندسية، والإمتداد بها إلى التحليل كقاعدة يقينية تحل محل الخط المستقيم الديكارتي.

وإذا كانت الأعداد الصحيحة، كما يقول الفيلسوف الفرنسي "ليون برنشفيج L.Brunschvige" (١٨٦٩-١٩٤٤) ، بمنأى عن أى غموض وأى شك، فمن الواضح أن إتمام هذه الخطوة من شأنه أن يرد إلى التحليل إعتباره، وأن يمنحه وضوحاً ونقاءً ويقيناً مستمداً من يقين تلك الأعداد، الأمر الذى حدا بعلماء التحليل إلى بدء مسيرة الإصلاح الميثودولوجي، وفى أذهانهم هدف واحد مشترك هو تحسيب التحليل، أى رده بأكمله إلى الأعداد الصحيحة الموجبة، بعملياتها الحسابية المعروفة[٣٧].

٥٤- لكن هذا الهدف رغم وضوحه وأهميته، لم يكن سهل التحقيق، حيث كان على التحليليين أن يبدأوا من حيث إنتهى فيثاغورث وأتباعه. أعنى أن يعودوا إلى أزمة الرياضيات الأولى، حين وقفت الأعداد الصماء كحجر عثرة حالت دون تعميم الأعداد الصحيحة. وأدت بالتالى إلى تبعية التحليل للهندسة.

فإذا أضفنا لذلك متناقضات الأعداد اللامتناهية، فضلاً عن إكتشاف الأعداد التخيلية والمركبة، وجدنا أنفسنا أمام عدة مشكلات أو بالأحرى عدة أخطاءٍ ميثودولوجية توارثها التحليليون عبر قرونٍ طويلة، لتتراكم أمامهم الآن فى إنتظار الحل الكامل والشامل طالما أرادوا لعلمهم الوضوح واليقين. ويمكن أن نحصر هذه الأخطاء فى النقاط الثلاث التالية [٣٨]:-

(٣٧) د. محمد ثابت الفندى : المرجع السابق ، ص ٩٧.

(38) Russell , B : " logic and Knowledge " , (Essays 1901- 1950) , Ed. by R.C.March , Unwin Hyman limited , london , 1988, P.369.

١- لم يكن هناك تعريف يمكن الدفاع عنه للأعداد الصماء والتخيلية، ومن ثم لم يكن هناك أساس للإفتراض القائل بأن موضع أية نقطة فى مكان يمكن أن يحدد بثلاثة إحداثيات عددية Numerical co-ordinates.

٢- لم يكن هناك تعريف للإتصال، ولا منهجاً للتعامل مع مفارقات الأعداد اللامتناهية.

٣- لم يكن هناك أساس منطقى لمفهوم العدد ذاته.

ومن خلال تلك النقاط تتضح أمامنا المراحل المختلفة التى مر بها التحليل فى سبيل الخروج من أزمته: فهناك أولاً مرحلة ترويض الأعداد الصماء والتخيلية، وإخضاعها للأعداد الصحيحة. وهناك ثانياً مرحلة تذليل الصعوبات الناجمة عن تخيل الأعداد اللامتناهية، وردها بدورها إلى الأعداد الصحيحة أيضاً. وبإنجاز هاتين المرحلتين يكون التحليل قد رُد بأكمله إلى الحساب، ولكن تبقى مرحلة أخيرة وأهم، تتمثل فى وضع تعريف منطقى للعدد، يمكن به رد الحساب، ومن ثم الرياضيات برمتها، إلى المنطق. أو - على حد تعبير "رسل"-إلى الصيغة المنطقية "ق يلزم عنها ك"، حيث "ق ، ك" قضيتان تشتملان على متغير واحد، أو على جُملة متغيرات هى بذاتها فى القضيتين، ولا تشتملان على ثوابت غير الثوابت المنطقية[٣٩]*.

---

(٣٩) رسل: أصول الرياضيات، جـ١، ص٣١.

* تُعرف هذه الصيغة فى المنطق بعلاقة اللزوم Implication ، التى تُعبر عنها قضية شرطية متصلة آداتها (إذا ... إذن ...). وقد تحمس لها "رسل" عند إصداره لكتابه الضخم "أصول الرياضيات" (١٩٠٣)، كتعريف وحيد للقضايا الرياضية، التى لا تقرر -كما رأى فى ذلك الحين سوى لزوم فحسب. ولكنه عاد فى مقدمة الطبعة الثانية لنفس الكتاب (١٩٣٨) ليقرر أنه لابد من إجراء تعديلات متعددة على هذا التعريف، ذلك أن الصورة (ق ⊂ ك) ليست إلا صورة من صور منطقية كثيرة يمكن أن تتخذها القضايا الرياضية. =

نقول أن هذه المرحلة هـي أهم مراحل الإصـلاح على الإطـلاق لأنهـا تنتقل بمفهوم العدد من كونه لغة شيئية تصـف أشياء فـي ذاتهـا ولذاتهـا، إلـى كونه لغة رمزية تفوق رمزية الكلام، وتتم عن قـانون بنـائي واضـح ومحـدد. وهكذا يفقد العدد كل أسراره الفيثاغوريـة المتصلـة بكينونتـه الوجوديـة ويغدو مجرد شفرة Code نصطلح عليها بالتعريف المنطقي* . ولن يفهم معناهـا إلا من ألم بمفاتيحها السرية ألا وهي قواعد ونظريات المنطق الرمزي(٤٠).

= وبعبارة أخرى، ليس اللزوم سوى واحداً من جُملة دوال الصدق Truth functions (دالة التناقض ~ ، دالة الوصل.،دالة الفصل V،دالة اللزوم ⊂ ، دالة التكافؤ ≡) التي تضمنتها نظريـة "حساب القضايا " ، ومن ثم فهو ليس أكثر أهمية من غيره. ويُبرر رسل هـذا التعديـل بـأن دوال القضايا لم تكن قد عُرفت بعد ، ولم تكن مألوفة عند المناطقة والرياضيين.

أنظر: رسل : أصول الرياضيات ، جـ١، ص٨.

وأيضاً: د. محمد محمد قاسم: نظريات المنطق الرمزي، الفصل الثاني، ص ص ٣٩-٧٠.

* يُعنى بالتعريـف المنطقـي Logical definition " تحديـد معنى ثوابت أو حـدود بالإستناد إلى حدود أولية يتم التسليـم بها مسبقـاً في النسق".وفي محاولته رد الحساب إلى أصـول منطقية ، والتي تُعد الأولى من نوعها خلال أزمـة الأسـس،صـاغ الرياضي الألماني"جوتلـوب فريجـه".G. Frege (١٨٤٨-١٩٢٥) –في كتابه " القوانين الأساسية لعلم الحسـاب " بجزئيـه الأول (١٨٩٣) والثاني (١٩٠٣) – مجموعة من القواعد والشروط الخاصة بإقامة التعريفات، وهي :

١- أن تحتوي الحدود المستخدمة في التعريف على أسماء ذات معنى واضح ومحدد .

٢- ألا نُعرّف الحد أو الرمز بأكثر من تعريف منعاً للغموض ، وبذلك نحقق ما أطلق عليه "فريجه " مبدأ غاية الكمال .Principle of completeness .

٣- ألا يحتوي التعبير المعرّف على رموز عديدة حتى لا نضطر لأن نضـع تعريفاً لكـل رمـز علـى حدة . وبذلك نحقق مبدأ آخر يسميه "فريجه " "مبدأ البساطة ".Principle of simplicity .

٤- أن نتجنب الوقوع في الدور ، بمعنى ألا نذكر في التعريف نفس الإسم المعرّف من جديد .=

ولا يعنى ذلك أن المنطق قد إستأثر بالرياضيات كإمتداد مباشر له، بل لقد كان فى الحقيقة توجهاً لإحدى نزعات ثلاث تقاسمت البحث فى أسس الرياضيات منذ بداية هذا القرن، وهى:النزعة الحدسية، والنزعة الأكسيوماتيكية، والنزعة المنطقية. ولكل منها كما سنرى تصورها الخاص لمنابع اليقين، ومن ثم لحل أزمة الأسس فى الرياضيات.

فلنتابع إذن مرحلتى تحسيب التحليل، على أن نُتبع ذلك بموجزٍ للأفكار الرئيسية للنزعات الثلاث السابقة.

ب- ترويض الأعداد الصماء والتخيلية :-

٥٥- على الرغم مما نشعر به فى عصرنا الحاضر من أُلفة تجاه الأعداد الصماء أو اللامُنطقة، إلا أن إكتشافها كما نعرف كان مُدمراً للصرح الرياضى الفيثاغورى القائم على الأعداد الصحيحة، بوصفها تعبيراً عن طبيعة الأشياء فى ذاتها ولذاتها. فالعدد الأصم، وفقاً لطبيعته، لايمكن تعريفه كعددٍ متناهٍ من الأعداد الصحيحة، بل يحتاج دائماً إلى سلسلة لامتناهية من هذه الأعداد، شأنه شأن العدد الدائر* . ولاشك أن هذه الورطة المنطقية التى وقع

= أنظر : د. محمد محمد قاسم : "جوتلوب فريجه" ، نظرية الأعداد بين الإبستمولوجيا والأنطولوجيا، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، ص ص ٥٦-٥٧. وأيضاً : د.محمد محمد قاسم: نظريات المنطق الرمزى ، ص ص ١٥٥-٥٦ .

(40) Davies, Paul: "Super force", The search for a ground unified theory of nature, Simon & Schuster, Inc., N. Y, 1985, P-50.

* من المعروف أن العدد الدائر هو الكسر الإعتيادى مثل ٣/١ حينما نضعه على هيئة كسر عشرى (=٠,٣) بحيث أن عمليات القسمة لاتنتهى، وأن رقماً أو أكثر من خارج القسمة يتكرر على نحو مستمر. فالكسر ٣/١ مثلا = ∞...... ٠,٣٣٣ وقد إصطلح على أن =

فيها فيثاغورث وأصحابه، إنما ترجع بالضرورة إلى نظرتهم الشيئية للأعداد، وإلى عدم قدرتهم على التحول من الأساس الأنطولوجى إلى الأساس المنهجى المحض للعدد[٤١].

ومع ذلك، لم يقف الفيثاغوريون مكتوفى الأيدى تماماً أمام تلك الورطة، بل حاولوا الخروج منها بطرق شتى، لعل أجدرها بالذكر محاولتهم وضع جداول حسابية للأعدادالصماء، تحوى علاقات أو نسب بين الأعداد الصحيحة فحسب. فهى جداول تعطى مثلاً أقرب سلسلتين من الأعداد الصحيحة لعدد أصم مُعين، إحداها أقرب سلسلة إليه بالنقصان والأخرى أقرب سلسلة إليه بالزيادة، فيقع العدد الأصم بينهما. وتلك هى البذرة الأولى لفكرة تعميم العدد الصحيح[٤٢].

لكنهم كما رأينا، لم يتابعوا الطريق إلى نهايته، فخلصوا إلى عجز علم الحساب عن إحتواء الأعداد الصماء، وفضلوا عليه الأبعاد الهندسية الممثلة لإتصال السلاسل اللامتناهية لتلك الأعداد.

= يكتب على الصورة ٠,٣˙ وتقرأ ٣ ,٠ دائر. ومن الواضح أنه يُشبه تماما العدد الأصم مثل جذر ٢ الذى يساوى ∞...... ١,٤١٤ حيث من المستحيل إيجاد كسر يكون مُربعه مساوياً تماماً للعدد (٢) فكل ما يمكن أن نصل إليه هو كسور تقترب بنا من هذا العدد، ولكن دون بلوغه تماماً من ذلك مثلا الكسر ١٢/١٧ الذى مربعة٢٨٩ /٤٤ وهو يقترب كثيراً من٢٨٨/٤٤ أى من العدد (٢). وبإمكاننا أن نقترب أكثر وأكثر من العدد (٢) بإستعمال كسور تتألف من أعداد أكبر من ١٧، ١٢ ، ولكننا لن نبلغ قط العدد (٢) بتمامه.

(41) Cassirer, Ernst: the problem of knowledge, Trans by W. H. Woglom & W. Hendel, Yale University Press, New Haven, 1950, P-68.

(٤٢) د. محمد ثابت الفندى: فلسفة الرياضة، ص ١٠٦.

ومع بداية أزمة التحليل الحديثة، إتجه الرياضيون إلى إحياء المحاولة الفيثاغورية الأولى لتحسيب التحليل، وذلك إنطلاقاً من فكرة رئيسية هى أن الأعداد الطبيعية تُكوّن متوالية، وإلى هذا المتوالية يمكن رد الأعداد بأنواعها المختلفة شيئاً فشيئاً وفق قواعد صورية متناسقة تخضع لها تلك الأعداد[43] .

ولنبدأ معهم بالأعداد الصحيحة الموجبة والسالبة.

٥٦- نأخذ أولاً الأعداد الصحيحة الموجبة (٠، ١، ٢، ٣، . . . ∞) التى بها نُحدد عمليات الجمع Addition والضرب Multiplication . هذه الأعداد كما نرى مُرتبة بعلاقة "ليس أكبر من" (وسوف نرمز لهذه العلاقة بالرمز ≯ ، وللشرط "إذا وإذا فقط" بالرمز ⟺)، وهكذا:

٠ ≯ ٠ & ٠ ≯ ٣ & ٢ ≯ ٣ & ٣ ≯ ٣

& ٥٧ ≯ ٢١٨ & . . . إلى آخره[44] .

ومن الواضح من الوهلة الأولى أن العدد الصحيح الموجب، المسبوق بعلامة (+) يجب أن يختلف عن العدد الصحيح السالب، المسبوق بعلامة (-)، فالعدد +١ مثلاً هو عكس العدد-١، والتعريف الواضح والكافى هو أن +١ هو علاقة ن + ١ مع ن، أما -١ فعلاقة ن مع ن+١[45] وكما هو شائع، لو مثلنا للأعداد الصحيحة الموجبة والسالبة بنقاطٍ متراصة على خط مستقيم، لقلنا أن الأعداد الموجبة تأتى على يمين الصفر، أما الأعداد السالبة فتأتى

---

(٤٣) رسل : أصول الرياضيات، جـ٣، ص ١٠٨.

(44) Runes (ed):, dict-of philos, item :"Number", P-231.

(٤٥) رسل: مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ٧١.

على يساره. وكلاهما مُمتـد إلـى مالانهايـة، بحيث أن كل عـدد موجب علـى اليمين يناظر عدداً سالباً على اليسار.

٥٧- وبهذه المتوالية من الأعداد الصحيحة بشقيها، يمكن أن نمتد إلى ميـدان الأعداد المنطقة (أى الكسـور أو النسـب) الموجبـة والسـالبة علـى حدٍ سـواء. ونبدأ كما سبق بالشق الموجب منها فنقـول أن الكسـر أ / ب هـو تلـك العلاقـة التى تقوم بين زوج مـن الأعـداد الصحيحـة أ، ب (حيث ب لاتسـاوى صفـر) وتخضع للشروط التالية [٤٦]:-

١) $\frac{\text{أ}}{1} = \text{أ}$.

٢) $\frac{\text{أ}}{\text{ب}} = \frac{\text{حـ}}{\text{ء}} \Leftrightarrow \text{ب حـ} = \text{أ ء}$.

٣) $\frac{\text{أ}}{\text{ب}} \nless \frac{\text{حـ}}{\text{ء}} \Leftrightarrow \text{أ ء} \nless \text{ب حـ}$.

٤) $\frac{\text{أ}}{\text{ب}} + \frac{\text{حـ}}{\text{ء}} = \frac{(\text{أ ء} + \text{ب حـ})}{\text{ب ء}}$.

٥) $\left(\frac{\text{أ}}{\text{ب}}\right) \left(\frac{\text{حـ}}{\text{ء}}\right) = \frac{\text{أ حـ}}{\text{ب ء}}$.

أما الأعداد المنطقة السالبة، فهى أيضاً تعميم لمتوالية الأعداد الصحيحـة المُعرّفة سابقا. فإذا كانت س ، ص ، ن متغيرات مـن نسـق الأعداد المنطقـة

---

(46) Loc. Cit .

الموجبة، فإنها تناظر على التوالى - س، - ص، - ن. وهكذا ينتج أمامنا نسق كامل من الأعداد الموجبة والسالبة، نمثل له بما يلى[٤٧]:-

١) - س = - ص ⇔ س = ص.

٢) - س = ص ⇔ س = صفر & ص = صفر.

٣) - س ≮ - ص ⇔ ص ≮ س.

٤) - س ≮ ص.

٥) ص ≮ - س ⇔ س = صفر & ص = صفر.

٦) - س + ص = ص + - س = إمـا (ن) عندمـا س + ن = ص &
وإما (- ن) عندما ص + ن = س

٧) - س + - ص = - (س + ص).

٨) (- س) ص = ص (- س) = - (س ص).

٩) (- س) (- ص) = س ص.

وكما نلاحظ فإن التعريف يقتصر على عمليتى الجمع والضرب، لكن ذلك ليس إلا على سبيل الإختصار، حيث يمكن إدخال عمليتى الطرح

---

(47) **Ibid.**

Subtraction والقسمة Division عن طريق عكس عمليتى الجمع والضرب السابق تعريفهما(٤٨).

٥٨- ومن السهل أن نرى أنه لايوجد حدان متعاقبان فى متسلسلة الأعداد المنطقة، ولكن توجد فيها دائماً حدود أخرى بين أى حدين. ولما كانت هناك حدود أخرى بين هذه الحدود الأخرى، وهكذا إلى مالانهاية، فمن الواضح أنه يوجد عدد لانهاية له من النسب بين أى نسبتين مهما قل الفرق بينهما(٤٩). على سبيل المثال، لايوجد كسر يُعد تالياً للعدد ٢/١ ، وإذا إخترنا كسراً ما يكون أكبر قليلاً جداً من ٢/١ ، وليكن ٥١/١٠٠، فإننا يمكن أن نجد كسور أخرى، مثل ١٠١/٢٠٠، تكون أقرب من الكسر المختار سابقاً. وهكذا يمكن أن نحصل على كسور جديدة دائماً بإستخراج الوسط الحسابى بين أى كسرين نختارهما(٥٠).

وإذا كنا قد عرفنا الاتصال من قبل، بأنه عدم وجود حدود متعاقبة فى أية متسلسلة تامة الترتيب (ف ٧)، إلا أن هذا التعريف يمثل أدنى رُتبة من رُتب الاتصال، حيث قال كل من "ديدكند" J. W. R. Dedekind (١٨٣١-١٩١٦) و "كانتور" - كما سنرى - بتعريفين آخرين من رُتبة أعلى، ولذا نحتفظ بكلمة الاتصال للمعنى الذى خلعاه عليها. أما متسلسلة النسب، فنقول أن لها خاصية أخرى تُسمى بـ "الإلتحامية" Compactness ، أو بأنها "متسلسلة ملتحمة" Compact series (٥١).

---

(48) Ibid.

(٤٩) رسل: المرجع السابق، ص ٧٣.

(50) Russell : Our knowledge of the external world, Op-Cit, P-138.

(51) Ibid.

٥٩- ونصل الآن إلى إمتداد أكثر أهمية لفكرة العدد، وهو الإمتداد إلى ما يُسمى بالأعداد الحقيقية Real numbers ، التى تشمل الأعداد الصماء أو اللامنطقة إلى جانب الأعداد السابقة. وهنا نجد أنفسنا أمام نظريتين لتعريف الأعداد الصماء: الأولى نظرية الحد Limit الذى تقف عنده السلسلة اللامتناهية لأعداد صماء. والثانية نظرية القطع Cut بين مجموعتين لامتناهيين من تلك الأعداد.

وفكرة "الحد" من وضع الرياضى الفرنسى "كوشى"، ويعنى بها: "تلك القيمة الثابتة المعروفة مسبقاً، والتى تقترب منها قيمٌ متعاقبة لمتغير ما إقتراباً شديداً، بحيث يكون الفرق بين أقصى قيمة لذلك المتغير وبين القيمة الثابتة أقل بمالانهاية له فى الصغر". وعلى هذا يُعَرف "كوشى" العدد الأصم بأنه الحد لتلك الكسور المختلفة التى تمدنا بقيم تقترب شيئاً فشيئاً من هذا الحد"(٥٢).

ولكن يرجع الفضل فى تعميم الإستخدام الرياضى لفكر الحد إلى الرياضى الفرنسى "تشارلز ميراى" Charles Meray (١٨٣٥-١٩١١). الذى يُطلق لفظ "المتغير" Variant على متسلسلة لامتناهية من الأعداد المنطقة $أ_١$ ، $أ_٢$ ، $أ_٣$ ، . . . . ، $أ_ن$ ، . . . ∞. فإذا كانت هذه المتوالية عند أن أقل من عدد منطق ما هو "ع"، مهما يكن هذا الأخير صغيراً، فإننا نقول أن ذلك المتغير "متجمع" Convergent عند الحد ع. وإذا لم يكن للمتغير المتجمع حد، فيجب أن نضع له حداً نموذجياً Ideal limit نسميه الكم الأصم. فالعدد الأصم إذن هو حدٌ نموذجى يتجمع فيه متغير ما(٥٣).

---

(٥٢) د. محمد ثابت الفندى :فلسفة الرياضة، ص ١٠٨.

(٥٣) نفس الموضع.

وسوف يعتمد "كانتور" على هذه الفكرة فى تعريفه للاتصال، على إعتبار أن كل عدد منطق، مهما كان صغيراً، يمثل حداً أو نهاية، عُليا أو دنيا، لمتسلسلة لامتناهية محتواة فى متسلسلة الأعداد الحقيقية.

٦٠- أما نظرية القطع، فهى من وضع الرياضى الألمانى "ديدكند"، ومؤداها أننا يمكن أن نقطع أو نفصل متسلسلة الأعداد المنطقة بطرق مختلفة إلى فئتين، بحيث تكون جميع الحدود فى إحدى الفئتين أصغر من جميع الحدود فى الفئة الأخرى. أما ما يحدث عند نقطة القطع، فهناك أربعة إحتمالات(٥٤):-

١- قد تكون هناك نهاية عُظمى للمقطع الأول ونهاية صغرى للمقطع الثانى. ومثال ذلك أية مُتسلسلة فيها حدود متعاقبة، حيث يجب أن ينتهى المقطع الأول بعدد ما (ن)، ثم يبدأ المقطع الثانى بالعدد ن + ١.

٢- قد تكون هناك نهاية عظمى للمقطع الأول، ولاتكون هناك نهاية صغرى للثانى. ومثال هذه الحالة أن يحتوى المقطع الأول على جميع النسب إلى الواحد الصحيح، بما فى ذلك الواحد نفسه، أما المقطع الثانى فيحوى جميع النسب الأكبر من الواحد.

٣- قد لاتكون هناك نهاية عُظمى للأول، ولكن هناك نهاية صغرى للثانى، وذلك حين يحوى المقطع الأول جميع النسب الأصغر من الواحد، والمقطع الثانى جميع النسب بدايةً من الواحد الصحيح.

٤- وقد لاتكون هناك نهاية عظمى للأول ولا نهاية صغرى للثانى، ومثال ذلك أن نضع فى المقطع الأول جميع النسب التى مربعاتها أصغر من ٢، وفى المقطع الثانى جميع النسب التى مربعاتها أكبر من ٢.

---

(٥٤) رسل: مقدمة للفلسفة الرياضية ، ص ٧٧.

ونستطيع أن نهمل الحالات الثلاث الأولى، لأن نقطة القطع فيها جميعاً يُمثلها عدد منطق، أى أن كل مقطع له نهاية منطوقة، أو بالأحرى نطاق Boundary أعلى أو أدنى بحسب الحالة. أما فى الحالة الرابعة فأمامنا فى نقطة القطع فجوة Gab. فلا المقطع الأول ولا الثانى له نهاية أو حد أخير. وقد نقول فى هذه الحالة أننا نحصل على "مقطع لامُنطق". وهنا يضع "ديدكند" المُسلمة المعروفة بإسمه Dedekind's Postulate والقائلة بأن كل الفجوات ينبغى أن تُملأ. أى أن كل مقطع ينبغى أن يكون له نطاق(٥٥). ولاشك أن ما نملأبه هذه الفجوة هو رمز" عددى جديد يُعبر عن عددٍ أصم. ولهذا تُسمى كل متسلسلة تحقق المسلمة المذكورة - أى تخلو من الفجوات - بأنها "متسلسلة ديدكينية"(٥٦). وما نخلص إليه مما سبق أن العدد الأصم أو اللامنطق هو قطعة فى متسلسلة النسب ليس لها نطاق. فالعدد ٢ مثلا هو القطعة المكونة من جميع النسب التى مربعاتها أقل من ٢. أما العدد الحقيقى المنطق فهو قطعة فى متسلسلة النسب لها نطاق. ومن ثم فالعدد الحقيقى ١ هو فئة الكسور بداية من الصفر وحتى الواحد الصحيح. وأما الأعداد الحقيقية على الإجمال (منطقة ولا منطقة) فهى قِطع فى مُتسلسلة النسب بترتيب مقدارها(٥٧).

وليس من الصعب تعريف الجمع والضرب للأعداد الحقيقية بالطريقة التى مارسناها من قبل. فإذا عُلم عددان حقيقيان م، ن، وكل منهما كلما رأينا يمثل فئة من النسب، فإن المجموع الحسابى لهام هو فئة المجاميع الحسابية لحدودهما على الترتيب. أما حاصل الضرب الحسابى لهما فهو فئة النسب

---

(٥٥) نفس المرجع، ص ٨٠.

(٥٦) نفس الموضع.

(٥٧) نفس المرجع، ص٨١.

الناتجة عن ضرب حدود الفئة الأولى فى حدود الفئة الثانية على الترتيب أيضاً[٥٨].

ومن الواضح أن متسلسلة الأعداد الحقيقية هى متسلسلة ديدكينية، وهى فى نفس الوقت تحقق الشروط الواجب توافرها لتحقيق الاتصال وفقاً لديدكند. فهى أولاً ملتحمة، أى أن فيها حد بين أى حدين معلومين. وهى ثانيا خالية من الفجوات. وهكذا يمكن أن نصل إلى تعريف "ديدكند" للاتصال فنقول أن للمتسلسلة "إتصال ديدكينى" إذا كانت ديدكينية وملتحمة[٥٩].

٦١- ونخطو الآن خطوة أوسع على طريق التحسيب فنصل إلى الأعداد التخيلية Imaginary numbers. والعدد التخيلى كما ذكرنا هو الجذر التربيعى لعدد سالب، وأبسط مثال له جذر المعادلة س^{٢}+١ = ٠ حيث س= $\sqrt{-١}$ وكما نرى فإن هذا العدد لامعنى له، لأنه بخلاف جذور الأعداد الموجبة، لا يمكن التعبير عنه بأعدا صحيحة أو مُنطقة. فنحن نقول مثلاً $\sqrt{٩}$ = ٣، لأن ٣ × ٣ = ٩ . و $\sqrt{٥}$ = ٢,٢٣٦٠٠٠ ، لأن (٢,٢٣٦٠٠٠)^{٢} = ٥ تقريباً ، $\sqrt{٧,٣}$ = ٢,٧٠٢٠٠٠ ، لأن ضرب هذا العدد فى نفسه يساوى ٧,٢ تقريباً

أما $\sqrt{-١}$ فلا يعنى شيئاً ، لأنه لايوجد عدد يكون حاصل ضربه فى نفسه مساوياً لـ -١ لا على نحو دقيق ولا على نحو تقريبى. ومن ثم فهو كمٌ مستحيل أو تخيلى لايخضع لأى إعتبارات حسابية معروفة[٦٠].

---

(٥٨) نفس المرجع، ص ٨٢.

(٥٩) نفس المرجع، ص ١١٢.

(٦٠) أنظر جورج جاموف: بداية بلا نهاية ، ص ص ٤٢-٤٣.

وبنظرة تاريخية نجد أن أول من استخدم صيغة رياضية تحتوى على جذر تربيعى لعدد سالب هو الفيلسوف والرياضى الإيطالى "جيرولامو كاردان" G. Cardan (١٥٠١-١٥٧٦). وذلك حين سُئل عما إذا كان من الممكن تحليل العدد ١٠ إلى مقدارين حاصل ضربهما = ٤٠. فأشار إلى إمكانية ذلك بشرط أن نستخدم الكميين المستحيلين: $(5+\sqrt{-15})$ و $(5-\sqrt{-15})$ وأجرى برهانه على النحو التالى[٦١] :-

أولاً : $(5+\sqrt{-15}) + (5-\sqrt{-15}) = 5 + 5 = 10$.

ثانياً : $(5+\sqrt{15}) \times (5-\sqrt{-15}) = (5\times5) + 5\sqrt{-15}$

$-5\sqrt{15} - (-15 \times \sqrt{15}) = (5\times5) - (\sqrt{-15})$

$= 25 + 15 = 40$.

ولا شك أن إستخدام "كاردان" للكم المستحيل هو إستخدام خاطئ منطقياً، بل ويبدو بلا معنى، إلا أن ذلك لايعنى إنتفاء الحاجة إليه. فسرعان ما أصبح إستخدام الأعداد التخيلية واقعاً لامفر منه، سواء فى الرياضيات أو فى الفيزياء. يُعبر عن ذلك الرياضى الفرنسى "هادامار" J. Hadamard (١٨٦٥-١٩٦٣) فيقول "أن أقرب بعد بين نقطتين واقعتين فى العالم الواقعى غالباً ما يمر بعددٍ تخيلى"[٦٢]. ولعل أشهر تطبيق فيزيائى نعرفه لهذه

---

(٦١) نفس المرجع ، حاشية ص ٤٣.

(٦٢) نقلا عن د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة، ص ٩٥.

الأعداد ما نراه فى معضلة القرن العشرين، وهى توحيد الزمان والمكان فى إطار نظرية النسبية لأينشتين.

وإذا كنا بحاجة إلى الأعداد التخيلية حتى تكون عملية إستخراج الجذور وحل المعادلات ممكنة دائماً، إلا أن مجرد الحاجة - كما يقول رسل - لاتخلق تعميمات للعدد، ولكن التعريف هو الذى يخلقها(٦٣). الأمر الذى يفرض علينا أن نرتقى درجة أخرى على سُلم التجريد حتى نضمن لهذا التعريف خواصه المنطقية المطلوبة. فلنرجع إذن إلى علماء التحليل لنر كيف يمكن تعيين تلك الأعداد على نحو يُبرر قبولها وإستخدامها.

٦٢- يقول علماء التحليل أن عائلة الأعداد التخيلية تمثل إنعكاساً للأعداد الحقيقية أو الإعتيادية على مرآة خيالية.

وبنفس الطريقة التى يمكن بها للمرء أن يُرتب كافة الأعداد الحقيقية بداية من الواحد الصحيح، يمكنه أيضاً أن يرتب الأعداد التخيلية مبتدئاً بالوحدة الأولى منها وهى $\sqrt{-١}$، والتى أصُطلح على أن يُرمز لها بالحرف (ت) ومن السهل أن نرى

أن $\sqrt{-٩} = \sqrt{٩} \times \sqrt{-١} = ٣$ ت

وأن $\sqrt{-٧} = \sqrt{٧} \times \sqrt{-١} = ٢,٦٤٦$ ت .

وهكذا نجد أن لكل عدد إعتيادى قريناً فى الأعداد التخيلية. ويمكن لنا أيضاً أن نُقرن بين الأعداد الإعتيادية والتخيلية فى صيغة واحدة مثل $\sqrt{٥} + \sqrt{-١٥}$ = ٥ + ١٥ ت ،

---

(٦٣) رسل: مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ٨٣.

تماماً كما فعل "كاردان" لأول مرة وتعرف هذه الأرقام المُهجنة بالأعداد المركبة complex numbers ، وتأخذ الصورة الرمزية (س + ص ت) ، حيث س، ص عددين حقيقيين (٦٤).

يمكن إذن أن نعرف الأعداد المركبة بأنها أزواج لها ترتيب من الأعداد الحقيقية، نصطلح على أن نجرى عليها عمليتى الجمع والضرب وفق القواعد التالية التى نسلم بها تسليماً(٦٥) :-

١- الجمع: (س + ص ت) + (سَ + صَ ت) = (س + سَ) + (ص + صَ) ت.

٢- الضرب:(س + ص ت) (سَ + صَ ت)=(س سَ + ص صَ)+(س صَ + سَ ص) ت.

ومن خلال تعريف العدد المركب س +ص ت يتضح لنا أنه لو كانت

ص =٠ فإن (س + ص ت) = [س + (٠× ت)] = س.

أما لو كانت ص = ١ ، س = ٠

فإن (س + ص ت) = [٠ + (١ × ت)] = ت

ومن ثم فإن (س + ص ت)٢ = ت٢= -١

وهكذا يمكن أن يكون العدد التخيلى إمتدادا لفكرة العدد الصحيح.ويبقى أمامنا أن نمتد بهذا الأخير إلى ميدان الأعداد اللامتناهية.

---

(٦٤) جورج جاموف : المرجع السابق، ص ٤٤.

(٦٥) رسل : المرجع السابق، ص ٨٤ .

جـ- الأعداد اللامتناهية ونظرية المجموعات *:

٦٣- منذ أن وضع "زينون الإيلى" فى القرن الخامس قبل الميلاد حُججه القوية ضد الحركة (ف ١٨-٢١) ، مستنداً فى ذلك إلى ما تنطوى عليه الأعداد اللامتناهية من مفارقات ، وهذه الأعداد موضع جدل صاخب بين الرياضيين والفلاسفة. فالعدد اللامتناهى - كما بدا منذ ذلك الحين يجسد تناقضاً ذاتياً ، إذ كيف يكون عدداً ، و يخضع فى نفس الوقت لما تخضع له الأعداد المعروفة من عمليات وعلامات حسابية؟. وكان علينا ، كما ذكرنا (ف٢٢) أن ننتظر قروناً طويلةً حتى يمكن فهم طبيعة هذا العدد. وبعبارة أخرى، لم يكن من الممكن أن تنضج فكرة اللامتناهى لتصاغ فى أعداد وعملياتها إلا بعد أن نضج الفكر الرياضى فى القرن الماضى لتُقبل الأعداد الصحيحة وحدها كأساس للتحليل(٦٦). وأول ما يجب أن نتوقف عنده ونحن بصدد المعالجة الحسابية لفكرة اللامتناهى: "نظرية المجموعات" ، تلك التى وضعها وطورها الرياضى الألمانى "جورج كانتور" فى الفترة ما بين عامى ١٨٧٤، ١٨٩٧(٦٧).

---

* يستخدم البعض مصطلح "نظرية المجاميع" للدلالة على نفس النظرية، ولكن الأصح أن نقول " نظرية المجموعات" ، لأن كلمة "مجاميع" هى جمع لكلمة مجموع Sum ، أما كلمة "مجموعات" فجمع لكلمة "مجموعة" Set وهى بعينها التى يقصدها "كانتور".

(٦٦) د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة ، ص ١١٢.

(67) Fraenkel, A. A : Set Theory, In Encyclopedia of Philosophy, Vol(7), P-420.

وعلى الرغم من أن ظهور هذه النظرية لم يكن مُرتبطاً بعملية "التحسيب" التي نناقشها الآن* ، إلا أنها جاءت تدعيماً للمذهب الحسابي والمنطقي من جهتين بارزتين، الأولى تأكيدها لنزعة تأسيس الرياضيات بأكملها، بما فيها الهندسة، على أساس الأعداد الطبيعية. وقد تمثل إسهامها البارز في هذا الشأن في معالجتها لمتسلسلات النقاط أو الأعداد اللامتناهية التي حيرت الرياضيين طويلا(٦٨). والثانية كونها نقطة إلتقاء واضحة بين المنطق والرياضيات ، حيث تعتمد الدعوى التي دافع عنها "فريجه" ومن بعده "رسل" و "وايتهد" بإمكان رد الرياضيات إلى المنطق، على إعتبار أن نظرية المجموعات جُزء لايتجزأ من المنطق(٦٩).

٦٤- وبصفة عامة تختص نظرية المجموعات بالتأليف combimation بين الأعداد في مجموعات وفقاً لعلاقات ثابتة ومُحددة. يستوى في ذلك أن تكون تلك الأعداد أصلية cardinal (١، ٢، ٣، . . .) أو مُرتبة ordinal

---

* تنحصر العوامل التي أدت إلى ظهور نظرية المجموعات في نقطتين رئيستين : الأولى مناقشة الرياضي النمساوي "برنارد بولزانو" خلال عامي ١٨٤٧، ١٨٤٨ لمشكلة الأعداد اللامتناهية وتنبهه لما تنطوى عليه من خواص شاذة وعلاقاتٍ غير مألوفة. والثانية ما ظهر في نظرية الدوال الحقيقية Real functions من صعوبات حين لوحظ أن بعض الدوال تقبل التحليل مهما كانت قيم المتغير، وأن بعضها الآخر لايقبل التحليل إلا إذا كان المتغير عددا صحيحاً. مما كان يستلزم معالجة قيم الدوال ، لا كقيم منفردة ولكن كمجموعة. أيضاً لعبت نظرية "ديدكند" في العدد دوراً هاماً في التطور السريع للنظرية.

See, Fraenkel: OP-Cit, P-420.

(٦٨) د. محمد ثابت الفندى: المرجع السابق، ص ١١١.

(٦٩) إير: المسائل الرئيسية في الفلسفة ، ص ٢٢٤.

(أول، ثان، ثالث، . . .)، متناهية finite أو لا متناهية Infinite ، فلكل قسم منها خواصه ونظرياته المميزة والمُخالفة[٧٠].

وكما إقترح "كانتور" عام ١٨٩٥ يمكن أن نُعرف المجموعة Set بأنها "حشد من الموضوعات المحددة Determind والمتميزة distinct، والمرتبطة فيما بينها بخاصية ما مشتركة تفصلها عن غيرها[٧١].

هذه الموضوعات تُسمى أعضاء Members (أو عناصر Elements) للمجموعة. وهى كما نلاحظ تخضع لشروط "التحديد" و "التميز" و "الإشتراك فى خاصية واحدة". أما شرط التحديد فنعنى به أن يكون إنتماء العضو إلى المجموعة إنتماءً واضحاً لا لبس فيه. وأما شرط التميز فيعنى أن أى عضوين متتابعين لابد وأن يكونا مختلفين. بمعنى ألا يتكرر نفس العضو مرتين فى نفس المجموعة[٧٢]. وأما شرط الإشتراك فى خاصية ما فاصلة، فهو ذلك الذى نفصل به مجموعة من دارسى الفلسفة عن أخرى من دارسى الطب، أو ثالثة من دارسى الرياضيات .....إلخ. فلكل مجموعة خاصية ما مشتركة تجمع بين أعضاءها، بحيث يمكن تمييز هذه المجموعة عن أية مجموعة أخرى. وبهذا الشرط الأخير نصل إلى ما يُسميه "كانتور" بمبدأ التجريد اللامحدود The unlimited abstraction principle ، والذى يُقرر من خلاله أننا يمكن أن نؤلف مجموعة من كل العناصر التى تشترك فى خاصية ما مُعطاة تميزها عن غيرها[٧٣].

---

(٧٠) د. محمد ثابت الفندى : المرجع السابق ص ١١٤ .

(71) Fraenkel: OP-Cit, P-420

(72) Ibid.

(73) Raymond, M. S. : Continuum problem, in Encyclopedia of philosophy, Vol(2), P-209.

٦٥- ومن الطبيعى أن تبدأ نظرية المجموعات بعلاقة أولية تربط بين المجموعة وأعضائها. هذه العلاقة تُسمى علاقة العضوية Membership relation ، ويرمز لها كانتور بالرمز (∈). على سبيل المثال، عندما نكتب الصيغة أ ∈ ب فإننا نقرؤها "أ عضو فى المجموعة ب" ، أو "العنصر أ منتمى إلى المجموعة ب" .... وهكذا (٧٤).

ويرى "كانتور" أيضاً أن "وجود" المجموعة أسبق من عدد أعضائها:

فقد تكون المجموعة مؤلفة من عدد لامتناه من الأعضاء، كما هو الحال فى مجموعة كل الأعداد الطبيعية، وقد تكون مؤلفة من عضوين، أو من عضو واحد فقط، بل وقد تخلو تماماً من الأعضاء فنسميها حينئذ بالمجموعة الفارغة The empty set (٧٥).

وهذه الأخيرة نرمز لها بالرمز Φ ، ومثالها مجموعة الدائرة المُربعة، أو الحصان المجنح، إذ أن هذه أشياء لاوجود لها، أما فى حالة الأعداد فنقول أنها مجموعة صفرية Null-set (٧٦).

ومن ناحية أخرى، يمكن أن نجزئ مجموعة ما إلى عدة أجزاء، فى كل جزء منها عضو واحد أو أكثر من عضو، وحينئذ نسمى هذه الأجزاء بالمجموعات الفرعية Subsets ونعبر عنها بالرمز ⊆.

---

(74) Loc-Cit.

(75) Ibid, P-421.

وأيضاً: د. محمد عابد الجابرى: تطور الفكر الرياضى ، ص ٩٠.

(٧٦) أنظر د. محمد محمد قاسم: نظريات المنطق الرمزى، ص ٣٠٢.

فإذا كان أ ⊇ ب فمعنى ذلك أن "أ مجموعة فرعية محتواة في المجموعة ب" أو أن "كل عنصر في المجموعة أ هو أيضاً عنصراً في المجموعة ب"(٧٧).

أما عن الطريقة التي نتمكن بها من معرفة عدد العناصر في مجموعة ما، أو نقارن بها بين مجموعتين من حيث عدد العناصر التي تشتمل عليها كل منهما، فيقرر لها "كانتور" علاقة "التكافؤ" Equivalence. وفحوى هذه العلاقة أننا يمكن أن نقول عن المجموعتين أ، ب مثلا أنهما " متكافئتان " أو " متشابهتان " Similar أو أن لهما نفس القوة، إذا كان من الممكن وضع عناصر المجموعه أ في تناظر correspondence واحد بواحد* مع عناصر المجموعه ب. (على سبيل المثال، كما توضع أصابع اليد اليمنى في تناظر واحد مع عناصر اليد اليسرى) (٧٨). وقد إقترح "كانتور هذه العلاقة كوسيلة فعالة لتعيين الأعداد الكبيرة أو اللامتناهية، التي لا يتيسر معها إجراء العد counting وأقرب مثال لها حين نقول أن عدد الرجال الأحياء في

(77) Fraenkel : OP-Cit, P-421.

* يمكن تعريف علاقة واحد بواحد كما يلي : إذا كان الحد (س) له هذه العلاقة مع الحد (ص)، وكان (سَ) مختلفاً عن (س)، وكذلك (صَ) عن (ص)، فإن (سَ) لا تكون له هذه العلاقة مع (ص)، ولا (س) مع (صَ). (رسل : أصول الرياضيات ، جـ٣ ، ص ١٤٥). ومن الضرورى أن نلاحظ أن علاقة التكافؤ تختلف وفقاً لكانتور عن علاقة التساوى Equality (=)، فالمساواة عنده تعنى " الهوية "، أو أن كل عنصر في مجموعه الأولى هو أيضاً عنصراً في المجموعه الثانية.
See Fraenkel ,loc-cit

(78) Raymond : Op-Cit, P-207.

مجتمع جميع الرجال والنساء فيه متزوجون، ولا يسمح بتعدد الزوجات، هو نفسه عدد النساء الأحياء(٧٩).

تلك بإيجاز شديد أهم المفاهيم الأساسية التي تقوم عليها نظرية المجموعات وهي تكفي لتوضيح ما يعنينا هنا، أعني خواص الأعداد اللامتناهية من جهة، وتعريف "كانتور" للاتصال من جهة أخرى.

٦٦- تنقسم الأعداد في نظرية المجموعات كما ذكرنا (ف ٦٤) - إلى أعداد أصلية، وأخرى مُرتبة. ولكل قسم منها أعداده المتناهية واللامتناهية. ويرمز "كانتور" لأول الأعداد الأصلية اللامتناهية بحرف الألف العبري مع وضع صفر بجانبه، وسنكتب بدلاً منه حرف الألف في العربية (هكذا أ.)، وهذا العدد هو أقل الأعداد اللامتناهية، التي تسمى أيضاً بالأصليات المتصاعدة Transfinite cardinals ، وهو في نفس الوقت العدد الأصلي لمجموعة كل الأعداد الصحيحة الموجبة (أو السالبة)(٨٠)* .

(٧٩) رسل : أصول الرياضيات ، جـ ٢ ، ص ١٠.

(80) Schlegel, R: The problem of infinite matter in stady-state cosmology, In philosophy of science jaurnal, St., catherine Press, Belguium, Vol 37, Nr(1) , January, 1965, P-22.

* في الإصطلاح الخاص بنظرية المجموعات، نقول أن المجموعة (ب) معدودة (countable) denumerable إذا كانت متكافئة مع المجموعة (أ٠) ، والعكس صحيح ، أى أن إنتفاء علامة التكافؤ بحيث تكون عناصر المجموعة (ب) أعلى من عناصر (أ٠) ، يعني أن المجموعة (ب) غير معدودة Non-denumerable وعلى هذا فالمجموعة (أ٠) هي مجموعة لامتناهية معدودة ، ومجموعة الأعداد المُنطقة هي مجموعة لامتناهية معدودة ، وجميع المتسلسلات المعدودة لها عين العدد الأصلي (أ٠) .

See: Raymond: OP-Cit, P-20 & see also: Fraenkel: OP-Cit, P-421.

وقد إنتهى "كانتور" من خلال دراسته لهذا العدد (أ٠) إلى أن الأعداد اللامتناهية تختلف عن الأعداد المتناهية المألوفة فى خاصيتين : الأولى أن الأعداد اللامتناهية (منعكسة) Reflexive أما الأعداد المتناهية فلا منعكسة والثانية أن الأعداد اللامتناهية (لا إستقرائية) Non-inductive ، أما الأعداد المتناهية فإستقرائية[٨١]. ولنبحث ذلك بشئ من التفصيل.

١- **الإنعكاسية** Reflexiveness : بصفة عامة يقال لعددٍ ما أنه منعكس عندما يزداد بإضافة ١ إليه. ويتبع ذلك فى الحال أن أى عدد متناه يمكن أن يضاف إلى عددٍ منعكس دون زيادة فى هذا الأخير[٨٢]. هذه الخاصية كما أظهر "كانتور" تنطبق على الأعداد اللامتناهية دون سواها. بحيث أن أى مجموعة لامتناهية من الموضوعات ، يمكن أن نضيف إليها أو نسلب منها أى عدد متناه دون زيادة أو نقصان فى عدد المجموعة. وقد يتضح ذلك ببعض الأمثلة:

تخيل كل الأعداد الطبيعية ٠، ١، ٢، ٣، ٠٠٠ ∞ مكتوبة فى صف ، وتحتها مباشرة نكتب نفس الأعداد مع إهمال الصفر:

٠ ، ١ ، ٢ ، ٣ ، ٠٠٠ ، ن ، ٠٠٠٠ ، ∞

١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٠٠٠ ، ن+١ ، ٠٠٠٠ ، ∞

فعلى الرغم من أن المجموعة الثانية تقل عن المجموعة الأولى بحدٍ واحد هو الصفر، إلا أننا يمكن أن نسير فى إقامة علاقة واحد بواحد بين

---

(81) Russell : Our knowledge .. , P-194.

(82) Ibid.

حدود المجموعتين إلى مالانهاية. الأمر الذى يعنى أن المجموعتين متكافئتان، أو أن لهما نفس عدد الحدود(٨٣).

مثال" آخر: نكتب فى الصف الأول مجموعة الأعداد الطبيعية ١ ، ٢ ، ٣ ، ٠٠٠ وفى الصف الثانى مجموعة الأعداد الزوجية ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ٠٠٠ ولننظر فى عدد حدود المجموعتين :

١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٠٠٠ ∞

٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ٠٠٠، ∞

من الواضح أيضاً أن مجموعة الأعداد الطبيعية وهى لانهائية، تناظر مجموعة الأعداد الزوجية ، وهى لانهائية العدد أيضاً. ومن ثم فالمجموعة الأولى تكافئ المجموعة الثانية. وقد يبدو ذلك بالطبع تناقضاً، ذلك أن الثانية ليست إلا مجموعة فرعية من الأولى، ولكن علينا أن نتذكر أننا نتعامل مع الأعداد اللامتناهية، ولامفر لنا من أن نُعد أنفسنا لمواجهة خواص شاذة(٨٤).

ونخلص من ذلك إلى أن هناك انواعاً مختلفة من اللانهائيات المتكافئة ، كمجموعات الأعداد الطبيعية ، والفردية ، والزوجية ، والكسرية، ٠٠٠ الخ، وبما أن بعض هذه المجموعات هى مجموعات فرعية لمجموعات أخرى ، فيمكن القول تبعاً لذلك أن الجزء هنا يساوى الكل(٨٥). وليس فى ذلك تناقضاً أكثر من قولنا أن الناس فى الجهة المقابلة من الارض لا يقفون ورؤسهم لأسفل (٨٦).

---

(83) Ibid .

(٨٤) جورج جاموف : بداية بلا نهاية ، ص ٢٦ .

(٨٥) د. محمد عابد الجابرى : تطور الفكر الرياضى ، ص ٩٢ .

(86) Russell : OP .Cit ,P194 .

٢- اللاإستقرائية Non -inductiveness :

الخاصية الثانية التى تتميز بها الأعداد اللامتناهية عن غيرها هى كونها " لاإستقرائية" . ولكى نفهم هذه الخاصية لابد وأن نحدد أولا ما نعنيه " بالإستقراء الرياضى " mathematical induction ، ولكى نُعّرف هذا الأخير لابد وأن نشرح ما نعنيه بقولنا أن الأعداد المتناهية هى "أعداد وراثية hereditary ".

وكلمة " الوراثة " هنا تحمل معناها العادى ، الذى هو توارث الصفات المكتسبة. فإذا كان ن من الناس يُدعى "أحمد" فإن كل سلالته من جهة خط الذكور سوف يحملون لقب "أحمد" ، لأن هذه خاصية وراثية [٨٧] . وبالمثل يمكن أن نقول لخاصية ما أنها "وراثية" فى متسلسلة الأعداد الطبيعية ، إذا كانت كلما إنتمت إلى عدد ن ، إنتمت أيضاً إلى العدد الذى يليه ن+١[٨٨] ومن السهل أن نلاحظ أن خاصية الوراثة تنتمى لكل الأعداد المتناهية الأكبر من عدد ما مُعطى له هذه الخاصية، ولا تنتمى إلى ما هو أصغر من هذا العدد فإذا كانت هذه الخاصية تنتمى إلى العدد٩٩ ، فهى تنتمى أيضاً إلى العدد ١٠٠ وما بعده، ولكنها لاتنتمى إلى العدد ٩٨ وما قبله. تماما كما أن لقب "أحمد" ينتمىَ إلى كل أنسال "أحمد" الذكور ، ولكنه لاينتمى إلى كل أسلافهم قبله[٨٩]. ومن الواضح على أية حال أن أية خاصية وراثية تنتمى إلى "آدم" ، لابد وأن تنتمى أيضاً إلى كل الرجال ، كما أن أية خاصية وراثية

(87) Ibid, P.200.

(٨٨) رسل :مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ٢٦.

(89) OP-Cit, P201.

تنتمى إلى "الصفر" يجب أن تنتمى بالمثل إلى كل الأعداد المتناهية بترتيب مقدارها (٩٠).

وعلى هذا يمكن أن نضع تعريفاً للإستقراء الرياضى فنقول أن الخاصية تكون "إستقرائية"، عندما تكون خاصية وراثية تنتمى إلى الصفر(٩١).

لكن الأعداد اللامتناهية ليس لها هذه الخاصية ، ذلك أن أول الأعداد اللامتناهية (أ٠) ليس له سلف مباشر . فلايوجد عددٌ ما متناهى يمكن أن نصفه بأنه أكبر الأعداد المتناهية، بحيث يأتى بعده مُباشرةً أصغر الأعداد اللامتناهية. ومن ثم فالأعداد اللامتناهية "لا إستقرائية" وهو تعبير مكافئ لقولنا أنها أعداد منعكسة(٩٢).

وما دمنا قد فهمنا طبيعة الأعداد اللامتناهية، فليس من المستغرب إذن ألا تجدى معها العمليات الحسابية المألوفة، ولا يجب أن ننزعج إذا علمنا أن:

أ ٠ + ن = أ٠

أ ٠ × ن = أ٠ حيث ن أى عدد إستقرائى.

أ ٠ × أ٠ = أ٠

فتلك هى خواص الأعداد اللامتناهية التى يجب أن نعتادها كما إعتدنا عمليات الجمع والضرب للأعداد الإستقرائية.

٦٧- ومن أهم الأعداد الأصلية المتصاعدة خلاف أ٠ ، العدد أ١ ، أو "قوة المتصل" Power of continuum كما يسميه "كانتور".

---

(90) Ibid.

(٩١) رسل : المرجع السابق ، ص ٢٦.

(92) OP-Cit, P202.

هذا العدد هو العدد الأصلى لمجموعة كل الأعداد الحقيقية ، وهو فى نفس الوقت عدد النقاط الموجودة على خط مستقيم متناه أو لامتناه ، بل والموجودة على نحو متصل داخل مربع أو مكعب .ومن الطبيعى أن يكون أ$_{١}$ أكبر من أ$_{٠}$ لأن مجموعة كل الأعداد الحقيقية تجمع بين مجموعة كل الأعداد المنطقة التى تكافئ أ$_{٠}$ ، وبين مجموعة كل الأعداد اللامنطقة، وعلى هذا فالعدد أ$_{١}$ هو أول الأعداد اللامتناهية غير المعدودة(٩٣).

وبعبارة أخرى يربط "كانتور" بين العددين أ$_{٠}$ ، أ$_{١}$ بالعلاقة التالية:

$$أ_{١} = (٢)^{أ_{٠}}$$

وتفسير ذلك أن أ$_{١}$ هو عدد المجموعة الناتجة عن أ$_{٠}$ بالضرب المتكرر (٢×٢×٢×٢×٠٠٠∞) ، أى أن أ$_{١}$ هو العدد الأصلى لمجموعة كل المجموعات الفرعية الممكنة لكل الأعداد الطبيعية(٩٤).

وقد تزداد هذه العلاقة وضوحاً بالمثال التالى(٩٥) :-

لنفرض أن لدينا مجموعة (س) مؤلفة من ثلاثة عناصر هى (س١، س٢، س٣) ، أى أن س =٣ . والآن نريد تجزئة هذه المجموعة الى كل هذه المجموعات الفرعية الممكنة التى يمكن أن تحتويها ، فكم يكون عدد هذه المجموعات؟؟

(93) Schlegel : the problem of infinite matter, P-22 .

(94) Ibid .

(95) See : Raymond: Continuum problem , P-208 .

وأيضاً رسل: مقدمة للفلسفة الرياضية ، ص ص ٩٤-٩٥.

من الواضح أننا يمكن أن نجزئها إلى ثمان مجموعات: فهناك أولا: المجموعات (س١)،(س٢)،(س٣). وهناك ثانيا: المجموعات (س١، س٢) ، (س١، س٣) ، (س٢، س٣).

وهناك ثالثاً المجموعة (س١، س٢، س٣)، وأخيراً لدينا المجموعة الفارغة (Φ) .

ولو رمزنا لمجموعة كل المجموعات الفرعية فى (س) بالرمز β س كما فعل "كانتور" فإن β س = ٨ = (٢) ^{٣} ، وبما أن س = ٣ فإن β س = (٢)^{س} وبالمثل إذا كان العدد أ٠ هو العدد الأصلى لمجموعة كل الأعداد الطبيعية ، وهى لامتناهية ، فإن β أ٠ =(٢)^{أ٠} =(٢×٢×٢×٠٠٠∞) = أ$_{١}$. ولما كان أ$_{١}$ هو عدد الحدود فى متسلسلة لها إتصال بالمعنى الذى يستخدم فيه "كانتور" هذه الكلمة ، وحيث أن الاتصال ينطبق فقط على المتسلسلات المرتبة بكيفية خاصة، فلابد وأن ننظر أولا فى أمر الترتيبات كى نصل إلى تعريف كانتور للإتصال.

٦٨- وفكرة الترتيب order من أهم الافكار التى عرفتها البحوث الرياضية عبر تاريخها، سواء فى مجال الحساب أو فى مجال الهندسة. فلو نظرنا إلى الأعداد، وجدنا أنها جميعاً لها ترتيب فى المقدار : يستوى فى ذلك أن تكون صحيحية أو كسرية أو حقيقية. وهذا أمرٌ أساسى لمعظم خواصها الرياضية.

أما فى الهندسة، فترتيب النقاط على المستقيم أمرٌ أساسى أيضاً، وكذلك تريب المستقيمات الماره بنقطة فى مستوى، أو ترتيب المستقيمات المارة بمستقيم، وليست الأبعاد فى الهندسة سوى تطور لفكرة الترتيب(٩٦).

---

(٩٦) رسل : المرجع السابق، ص ٣٤ .

وأول ما يجب أن ندركه عند البحث عن تعريف للترتيب، أنه لا مجموعة من الحدود لها ترتيب واحد لاغيره، مع إستبعاد كل ترتيب أخر. فأية مجموعة من الحدود لها جميع الترتيبات التى يمكن أن تقبلها. كأن يكون الترتيب " تاماً " complate أو جزئياً partial ملتحماً compactأو غير ملتحم، متصلاً continuous أو غير متصل. وعلى هذا فإن جوهر الترتيب، ومن ثم الاتصال، لا يُنشد فى طبيعة مجموعة الحدود ذاتها ولكن فى علاقة تربط بين تلك الحدود، بالقياس إليها، تظهر بعض الحدود متقدمة، وأخرى متأخرة (٩٧).

والخطوه الأولى فى سبيل وضع تعريف للاتصال عند كانتور، أن يكون الترتيب تاما .ولكى يكون الترتيب تاما لابد من توافر خصائص ثلاث للعلاقة الرابطة بين الحدود ،وهى (٩٨):-

١- أن تكون العلاقة لا تماثلية Asymmetrical : أى إذا كانت س أسبق من ص، فيجب ألا تكون ص أسبق من س. على سبيل المثال، إذا كان " زيد " أكثر غنى من " عمرو " ، فلن يكون " عمرو " أكثر غنى من " زيد ".

٢- أن تكون العلاقة متعدية Transitive : أى إذا كانت س تسبق ص، وكانت ص تسبق ى ، فإن س يجب أن تسبق ى ، وبالمثل إذا كان " زيد " أكثر غنى من "عمرو"، وكان " عمرو" أكثر غنى من " أحمد " فلابد وأن يكون " زيد " أكثر غنى من "أحمد " .

(97) Russell : Our knowledge .... , pp 137- 38

(98) See :- Runes : (ed) , dict . of philo . , item "order" ,p 236.
- Lucas: Atreatise on time and speac, p. 30
وأيضاً : رسل : المرجع السابق، ص ٣٦ وما بعدها .

٣- أن تكون العلاقة مترابطة connected : أى إذا علمنا أن أى حدين من المجموعة التى نرتبها، فيجب، أن يكون أحدهما يسبق، والآخر يتبع، فمثلاً من أى عددين صحيحين أو كسرين أو عددين حقيقين، فأحدهما أصغر، والآخر أكبر.

ومن هذه الخواص الثلاث، يمكن أن نصل الى التعريف التالى :

" يُقال لعلاقةٍ ما أنها تسلسلية- أو تامة الترتيب- عندما تكون لا تماثلية ومتعدية ومترابطة"(٩٩).

٦٩- وعلى الرغم من أن هذه الخواص تكفى لتكون مُتسلسلة " تامة الترتيب"، إلا أنها لا تكفى لتعريف الاتصال تماماً. فلو نظرنا مثلاً إلى مُتسلسلة الأعداد الصحيحة الموجبة بترتيب مقدارها (٠، ١، ٢، ٣، . . . ن، . . . ∞) لوجدنا أنها "تامة الترتيب"، ولكنها فى الحقيقة ليست مُتصلة discontinuous ، إذ أن لها كما نرى حدٌ أول لا قبل له ، يبدأ به الترتيب، كما أن لها من ناحية أخرى حدود متعاقبة لا آخر لها فى الإمتداد، أى أن كل حد فيها له "تال" next أو " ما بعد " next-after ، ولا يوجد حدٌ ثالث بين أى حدين فى الترتيب. ولذا نعطى هذه المتسلسلة إسماً آخر فنقول أنها " مُحكمة -أو جيدة- الترتيب " *(١٠٠) well -ordered series ولما كان

---

(٩٩) نفس المرجع، ص ٣٩ .

* يُقال لمتسلسة ما أنها " جيدة الترتيب " إذا أمكن ترتيبها إنطلاقاً من حدٍ أول يبدأ به الترتيب، فإذا جزأنا حدودها إلى مجموعات فرعية، كان لكل مجموعة فيها- فيما عدا الفارغة بالطبع- حدٌ أول لا قبل له. وعلى هذا فمتسلسلة الأعداد الصحيحة السالبة بترتيب مقدارها (∞ ..... ، -٣، -٢،-١) ليست مُحكمة (أو جيدة) الترتيب، ذلك أنها تنتهى بالعدد -١، وليس لها حد أول تبدأ به. ولذا يميز كانتور بينها وبين متسلسلة الأعداد الصحيحة الموجبة، فيرمز للأخيرة بالرمز ω* .

العدد الأصلى لجميع حدود تلك المتسلسلة هو أ . (ف ٦٦) فهى إذن أول الترتيبات المتصاعدة Transfinite ordinals أو بعبارة أخرى أول " أنماط الترتيب " order- types ويرمز لها كانتور بالرمز ω (١٠١).

أما متسلسلة الأعداد المنطقة بترتيب مقدارها، فهى نمطٌ آخر من أنماط الترتيب نسميه η، وبهذه المتسلسلة نخطو خطوة أخرى على طريق الاتصال. ذلك أنها بالإضافة إلى كونها تامةالترتيب تتسم بالخواص الثلاثة التالية (١٠٢) :-

١- أنها معدودة . أى إذا أتخذنا حدودها بترتيب مناسب، أمكنا أن نقيم لها تناظر واحد بواحد مع الأعداد الصحيحة الموجبة .

٢- أنه ليس للمتسلسلة حد أول ولا حد أخير، ومن ثم فهى ليس محكمة الترتيب.

٣- يوجد فيها حد ثالث بين كل حدين. أى أن المتسلسلة مُلتحمة. لكن الإلتحام كما ذكرنا هو أدنى رُتبة من رتب الاتصال (ف٥٨)، ولذا ينتقل كانتور إلى مُتسلسلة الأعداد الحقيقية بترتيب مقدارها، فيسميها بالنمط θ .

والمتسلسلة من هذا النمط تحقق تماماً الشروط الواجب توافرها كى تكون مُتصلة. فهى تجمع بين الأعداد المُنطقة واللا مُنطقة. ومع أن عدد اللا مُنطقات أكثر من عدد المنطقات، إلا أن الأولى تُمثل مع الثانية مُتصلاً خطياً أحادى البُعد، بمعنى أنه يوجد منطقات بين أى عددين حقيقيين مهما يكن الإختلاف بين الإثنين صغيراً. وقد رأينا أن عدد المنطقات هو أ. ، وهذا

See : Fraenkel : Set therory , op. cit, p.423.

(١٠٠) نفس المرجع ، ص ١٠٣.

(101) Lucas : space, time and causality, op.cit, p.37 .

(١٠٢) رسل : أصول الرياضيات ، جـ٣ ، ص ص ١٣٢-٣٣.

يعطينا خاصية أخرى تكفى لتمييز الاتصال، نعنى خاصية إشتمال المتسلسلة θ على متسلسلة فرعية η لها أ. من الحدود، على نحو يجعل بعض حدود η يرد بين أى حدين من متسلسلتا مهما يكن الحدين قريبين من بعضهما (١٠٣).

وهكذا نجد أن تعريف" كانتور" للإتصال مكافئ للتعريف التالى (١٠٤):-

" تكون المتسلسلة θ متصلة عندما :

١- تكون ديدكينية .(ف ٦٠) .

٢- تشتمل فى داخلها على متسلسلة معدودة η لها حدود بين أى حدين من θ .

ومن الواضح أن تعريف " كانتور " للإتصال يستلزم الاتصال الديدكينى، ولكن العكس غير صحيح، ومن ثم فهو يمثل أعلى رُتبة من رُتب الاتصال، عرفتها الرياضيات حتى الآن. وسوف نعود إلى هذا التعريف على نحو أكثر وضوحاً مع نهاية هذا الفصل.

ثالثاً : الرياضيات بين الحدس والأكسيوماتيك والمنطق .

أ- نقائض نظرية المجموعات :-

٧٠- لا شك أن نظرية المجموعات قد أحرزت نجاحاً ملحوظاً فى التغلب على مفارقات الأعداد اللا متناهية، ومن ثم فى وضع تعريف للاتصال يخلو من المتناقضات. لكن نجاحها فى ذلك شئ، وكونها نظرية مكتملة تمثل أساساً وحيداً للرياضيات شئ آخر. فما هى إلا سنوات معدودة، حتى بدأت النقائض

---

(١٠٣) رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية ، ص ١١٥.

(١٠٤) نفس الموضع . وأيضاً رسل : أصول الرياضيات ، جـ ٣ ، ص ١٣٤ .

تستشرى فى جسد النظرية، وبات من الواضح أنها وإن جاءت بتصورات جديدة ظاهرها فيه الوضوح واليقين، إلا أن باطنها يكشف عن مفارقات خطيرة تأبى على الوضوح المنطقى. وهذا إن دل على شئ فإنما يدل على أن الكلمة الأخيرة فى أزمة الأسس لم تزل غائبة، وعلى أن تصورات " كانتور " للأعداد ومجموعاتها، إنما تحتاج إلى معالجة أخرى كيما تكون قاعدة يقينية يمكنها تحمل البناء الرياضى بأكمله.

والمفارقة كما نعلم هى محاكمة، تبرهن على صدق وكذب الحكم فى آن واحد، أو، بعبارة أخرى، تبرهن على الحكم ونفيه فى وقت واحد (١٠٥).

وقد إنطوت نظرية المجموعات على عدة مفارقات، لكن ثمة ثلاث منها هى الأشهر: الأولى مفارقة الرياضى الإيطالى " بورالى فورتى " Burali-Forty الخاصة بأكبر عدد ترتيبى، وقد كشف عنها عام ١٨٩٥ . والثانية تتعلق بأكبر الأعداد الأصلية، وقد كشف عنها "كانتور" نفسه عام ١٨٩٩ ، وإن كان لم يُعلن عنها إلا عام ١٩٣٢ . أما الثالثة فقد كشف عنها "رسل " عام ١٩٠١ وتتعلق بمجموعة كل المجموعات. نكتفى هنا بالإشاره إلى مفارقة " رسل " لكونها بدورها أشهر المفارقات الثلاث (١٠٦).

٧١- ويمكن أن نُجمل المفارقة فيما يلى :

---

(١٠٥) ألكسندر غيتمانوفا : علم المنطق (دار التقدم، موسكو، ١٩٨٩) ص ٢٩٧ .

(106) For nore detail about the first two paradoxes , See :-
Russell : Logic and knowledge , OP . cit , pp.59ff .

وأيضاً : رسل : أصول الرياضيات ، جـ١ ، ص ص ١٧-١٩ & ص ص ١٧٤-٨٣ & جـ٣ ، ص ص ٢٢٠-٢٩.

- رسل: مقدمه للفلسفه الرياضيه ، الباب الثالث عشر .

- د. محمد عابد الجابرى : تطور الفكر الرياضى، ص ص ٩٣-٩٧ .

سبق أن ذكرنا (ف ٦٧) أننا نمكن أن نُجزئ الأعـداد الطبيعيـة بأكملهـا إلـى كل المجموعات الفرعيه التى تقبلها، فنحصل بذلك على " مجموعـة " " لكـل المجموعات ". هذه " المجموعة"، بمـا أنهـا مجموعـة لابـد وأن تشـتمل علـى ذاتها كواحدة من " كل المجموعات " . ولكن من المعتاد ألا تشتمل المجموعة على نفسها، " فالإنسانية " مثلاً، وهى مجموعة لكل النـاس، ليسـت " إنسـاناً " ومن ثم فهى لا تشتمل على نفسها. وصندوق الأقلام، ولنفرض أنه مجموعـة لكل الأقلام، ليس قلماً، ومن ثم فهو مجموعة لا تشتمل على نفسها... وهكذا.

والآن كوّن مجموعة من كل " المجموعات التى لا تشتمل على نفسها ". فهل هـذه المجموعـة تشـتمل علـى نفسـها أم لا ؟؟ إن كـانت كذلـك فهـى إذن واحدة من تلك المجموعات التـى لا تشـتمل علـى نفسـها. وإن لـم تكـن كذلـك فهى أيضاً واحدة مـن تلـك المجموعـات التـى لا تشـتمل علـى نفسـها. أى أن الحكم صادق وكاذب آن واحد ،وهذا تناقض[١٠٧].

ويمكن أن تزداد هذه المفارقه وضوحاً بالمثال التالى [١٠٨]:-

كـل عُمـدة مدينـة يعيش إمـا فـى مدينتـه أو خارجهـا. ثـم صـدر أمـر بتخصيص مدينة مُعينة، لا يعيش فيها إلا العُمد اللذين لا يعيشون فى مُدنهـم. فأين يجب أن يعيش عمدة هذه المدينة الخاصة؟ إذا أراد أن يعيش فى مدينتـه فلن يستطيع ذلك، لأن هذة المدينـة حصـر علـى العُمـد الذيـن لايعيشـون فـى مدنهم. وإذا أحب أن يعيش خارجها، فإنه، كعمدة لا يعيش فى مدينته ، يجـب أن يعيش فى هذه المدينة الخاصـة ، أى فى مدينته ، وعلى ذلك فليس بوسـعه أن يعيش لا فى مدينته ، ولا خارجها.

---

(١٠٧) رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية ، ص ص ١٤٩-٥٠ .

(١٠٨) الكسندرا غيتمانوفا : علم المنطق ، ص ص ٢٩٨-٩٩ .

وإزاء هذه المفارقة وغيرها، إحتدم النقاش بين الرياضيين خلال النصف الأول من هذا القرن. لاسيما وأن الأمر يتعلق هنا بالأساس الجديد الذى ركنوا إليه، دون أدنى شك فى أنه سيُعيد للأعداد إنسجامها المفقود منذ أمدٍ بعيد. ولكنه بدلاً من أن يُحقق للأعداد هُويتها، تأدى بها إلى هاوية من المتناقضات تتحدى القوى المنطقية للعدد وتُلغيها.

ودون أن ندخل فى تفاصيل هذا النقاش الحاد، نقول أن هذه الأزمة الجديدة، أدت إلى إنقسام مسرح البحث فى أسس الرياضيات إلى نزعاتٍ ثلاث، لكل منها تصوره الخاص والمختلف لعلاج الأزمة، هذه النزعات كما أشرنا (ف٥٤) ، هى: النزعة الحدسية، والنزعة الأكسيوماتيكية، والنزعة المنطقية.

ب- الحلول المقترحة :-

٧٢- النزعة الحدسية Intuitionism :-

وهى نزعة قديمة، تعود مباشرةً إلى "كانط". ثم حمل لواءها من بعده مواطنه الرياضى الألمانى "ليوبولد كرونكر" L. Kronecher (١٨٢٣-١٨٩١)، الذى يُعد الأب الروحى للحدسيين الفرنسيين من أمثال "بوانكاريه" H. Poincare (١٨٥٤-١٩١٢) و "لوبيج " J. Lebesgue (١٨٧٥-١٩٤١) و"بوريل" E. Borel (١٨٧١-١٩٥٦) و "بير" R. Baire (١٨٧٤-١٩٣٢)[١٠٩].

---

(109) Runes: (ed) dict. of philos., item "intuitionism" (Mathematical), P-165.

وهم فى جُملتهم يعنون بالحدس، لا البداهة الديكارتية، وإنما المعنى الكانطى للكلمة، أى تلك التجربة الحسية أو الذهنية التى يبيحها المكان والزمان، وهى التجربة التى تقابلها وتناظرها التجربة المعملية فى العلوم الطبيعية. فهم إذن رياضيون يقولون أن الرياضة لها "مادة" معينة، ومن ثم فهى ليست صورية بحيث تُشتق من قضايا المنطق الصورى، ولكنها تحتاج إلى تجربة من نوع خاص هى الحدس الرياضى. وهذا الأخير هو السبيل الوحيد إلى الكشف الرياضى، وإلى تأسيس الرياضيات كعلم أصيل ومستقل عن كافة العلوم الأخرى(١١٠).

وقد تبنى هذه النزعة بعد أزمة الأسس الجديدة رياضيون آخرون من أمثال الهولندى "برورر" L. E. J. Brouwer (١٨٨١-١٩٦٦) ومواطنه "أرنولد هايتنج" A. Heyting (١٨٩٨- ...) والألمانى "هيرمان فايل" H. Weyl (١٨٨٥-١٩٥٥). ولكنهم طوروا أفكار من سبقهم وأضافوا إليها بما يمكنهم من تنقية الرياضيات من أية نقيضة أو مفارقة، ولذا سمي مذهبهم بـ "الحدسية الجديدة" neo-intuitionism ، بينما سُمى أسلافهم من الفرنسيين بـ "أشباه الحدسيين" Semi-inituitionists . وهو وصف إستخدمه "هايتنج" كثيراً تمييزاً للحدسية الجديدة الخالصة عما سبقها(١١١).

ومن أهم أفكارهم فيما يتعلق بنقائض نظرية المجموعات:

١- أن أساس مشكلة النقائض فى الرياضيات الحديثة هو القول بمجموعات لامتناهية، ومن ثم فإن تجنب هذه النقائض يستلزم مراجعة

---

(١١٠) د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة، ص ١٥٩.

(111) Loc-Cit.

فكـــرة اللاتناهى برُمتها(١١٢). وقد أدى بهم هذا التوجه إلى إستبعاد الأعداد الدائرة واللامتناهية، بما فيها معالجات "كانتور" لهذه الأعداد ، من نطاق الفكر الرياضى، بوصفها كيانات غريبة تستعصى على التجربة الحدسية.

٢- ولما كانت مفارقات الأعداد اللامتناهية ترجع بدورها إلى "قانون الثالث المرفوع" Excluded middle، الذى يقرر أن القضية إما صادقة وإما كاذبة، ولا مكان لقيمة ثالثة، فمن المستحسن رفض هذا القانون ، أو على الأقل تطوير المنطق الصورى على نحو يمكن معه إيجاد قيمة صدق ثالثة تتوسط قيمتى الصدق والكذب المقررتين فى القانون(١١٣)*.

ولا شك أن هذه النزعة قد أدت بمعتنقيها إلى نتائج مؤسفة للغاية فى نظر الرياضيين والفلاسفة، إذ فضلاً عن أنها عادت بالرياضيات إلى الوراء وتركتها مجزأة ومشتتة، نجد أن أصحابها قد لجأوا فى النهاية إلى تطوير المنطق الصورى الذى رفضوه من قبل كأساس لعلمهم ، الأمر الذى أفقد مبادئهم مصداقيتها، وأوقعهم فى مأزق ميثودولوجى لا مخرج لهم منه(١١٤).

---

(١١٢) د. محمد عابر الجابرى : تطور الفكر الرياضى ، ص ١٠٨.

(113) Loc- Cit.

* يورد "هايتنج" مثالاً على ذلك المسألة المعروفة بـ "مسألة جولد باخ" ، نسبة إلى الرياضى الألمانى "كريستيان جولد باخ" K. Gold Bach (١٦٩٠-١٧٦٤) الذى صاغها عام ١٧٤٢ :"كل عدد صحيح ، أكبر من أو يساوى ٦ يمكن تمثيله فى صورة مجموع لثلاثة أعداد بسيطة"، فإذا أخذنا أية جملة متناهية من الأعداد الصحيحة يمكن التحقق من صحة هذه الفرضية. ولكن هل يوجد هناك عموماً عدد لا يتوافق معها؟ ليس بوسعنا إيراد مثل هذا العدد، وليس بوسعنا إستخلاص تناقض من التسليم بوجوده. أنظر: ألكسندرا غيتمانوفا: علم المنطق ، ص ص ٣٥٦-٥٧.

(١١٤) د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة ، ص ١٦٢.

٧٣- النزعة الأكسيوماتيكية : وهى أيضاً نزعة قديمة ، سبق أن أشرنا إليهـا من خلال تناولنـا نسـق إقليدس الهندسـى (ف٤٣-٤٤) ولـذا يكفـى أن نقـول بصددها أنها إتخذت أبعاداً جديدة مع أزمة الأسس ، فحاول روادها من أمثال الرياضى الألمانى "مورتز باش" M. Pasch (١٨٤٣-١٩٣٠)، ومواطنيـه "ديفيـد هلبرت" D. Hilbert (١٨٦٢-١٩٤٣) و"إرنسـت زيرميلـو" E. Zermelo (١٨٧١-١٩٥٣) وغيرهم ، العودة بالرياضيات، لا إلى الحـدس أو المنطق ، ولكن إلى النسق الأكسيوماتيكى الذى يعبر عـن قضايـا صوريـة خالصة. هذه القضايا تستمد صحتها لا من كونها صورية كما هو الحـال فـى المنطق ، ولكن من كونها فارغة تماماً مـن المعنـى. فمـا نبدأ بـه مـن حـدود ومسلمات أولية ما هى إلا رموز نصطنعها إصطناعاً، نهدف من وراءها إلى إنشاء كيانات رياضية لاشأن لها بما يوجد بالفعل. وعلى هذا فهى أسـبق مـن قضايا المنطق الصورى التى يمكـن بهـا تُـرد بدورهـا إلـى حـدود ومسـلمات أكسيوماتيكية(١١٥).

ولعل أشهر محـاولة لحل مشكلة النقائض إنطلاقاً من تلـك الرؤيـة ، هـى تلك التى قام بها "إرنست زيرميلو" عام ١٩٠٨، حين وضـع نسقاً أكسيوماتيكياً لنظرية المجموعات، يبدأ بعلاقتين أوليتين "لامُعرّفتيـن" - علاقتـى العضويـة والمساواة - بالإضافة إلى عدد من البديهيـات* ، رأى أنهـا تكفـل لنـا إنشـاء

(١١٥) نفس المرجع ص ص ١٥٦-١٥٧.

* وضع "زيرميلو" عام ١٩٠٨ سبع بديهيات ، ثم أضاف إليها أتباعه عامى ١٩٢١-١٩٢٥ على التوالى بديهيتين تاليتين، رأوا أنهما ضروريتين لإستكمال النسق.

See: Fraenkel : Set theory, Op-Cit, P-424.

جميع المجموعات الضرورية، دون حاجة إلى تعريف مفهوم "المجموعة" الذى يمكن أن يقود إلى قيام مجموعات متناقضة(١١٦).

ومن بديهيات "زيرميلو"(١١٧):-

١- إذا كانت المجموعة أ تحتوى نفس أعضاء المجموعة ب فهما متساويتان.

٢- إذا كان أ، ب أى مجموعتين مختلفتين، فإن المجموعة { أ، ب } هى تلك التى أعضاؤها أ، ب فقط.

٣- إذا كان (س) مجموعة ، (ن) محمول مُحدد Definite predicate ، فإن سن هى مجموعة فرعية فى س يشترك أعضاؤها فى خاصية واحدة هى ن.

ومن هذه البديهية نستنتج إمكانية وجود المجموعة الفارغة Φ ، والمجموعة ذات العضو الواحد { أ } ، وذات العضوين { أ ، ب } ، إلى غير ذلك.

٤- إذا كانت س مجموعة ، فإن β س (أى المجموعة القوية لـ س) هى تلك التى أعضاؤها كل المجموعات الفرعية فى س.

وبالنظر إلى هذه البديهيات يتضح أن "زيرميلو" قد إستعاض عن "مبدأ التجريد اللامحدود" ، الذى وضعه "كانتور" كشرط لقيام المجموعات ، (ف ٨٢) ، بمبدأ آخر يمكن أن نسميه "مبدأ التجريد المحدود Limited abstraction principle ، أو مبدا الإنفصال Separation بين المجموعات. ووفقاً لهذا المبدأ الجديد، لا يكفى لقيام مجموعة أن يشترك

---

(116) Ibid.

(117) Ibid.

أعضاؤها فى خاصية واحدة ، بل لابد قبل ذلك أن يكون كل عضو فيها قد سبق إنتماؤه إلى مجموعة أخرى (بديهية رقم ٢). أما الخاصية الواحدة، أو المحمول المحدد بتعبير زيرميلو، فتفيدنا فقط فى تمييز أعضاء يشتركون فى تلك الخاصية، عن أعضاء لاتتوفر لهم داخل نفس المجموعة، أى فى تمييز مجموعة فرعية عن أخرى مختلفة (بديهية رقم ٣). وعلى هذا فكل ما يُمكننى إنشاؤه فى النهاية هو مجموعة شاملة لكل المجموعات التى تنتمى إلى مجموعات أخرى تم إنشاؤها من قبل (بديهية رقم ٤). ولا يمكن أن يؤدى ذلك إلى تناقض، لأننى لايمكن أن أضم بعد ذلك كل المجموعات الشاملة فى مجموعةٍ أخرى جديدة، طالما أنها جميعاً تفتقد شرط الإنتماء إلى مجموعات سابقة، حتى وإن توفرت لها خاصية كونها جميعاً مجموعات(١١٨).

ومن الواضح أن زيرميلو قد إستطاع بهذا النسق تجاوز مشكلة النقائض إلى حدٍ كبير، الأمر الذى أعطى للنزعة الأكسيوماتيكية دفعة كبير تجاه إحتلال موضع الصدارة بين إهتمامات الرياضيين وغيرهم خلال هذا القرن. وليس أدل على ذلك من إتجاه العلماء بكافة تخصصاتهم وتوجهاتهم الميثودلوجية إلى الصياغة الأكسيوماتيكية لقضايا علومهم المختلفة. ولكننا يمكن أن نتساءل من ناحية أخرى عن مغزى إختيار مسلمة ما دون أخرى فى النسق، هل يرجع ذلك إلى حدسٍ رياضى بعيد أملى ذلك الإختيار دون غيره؟ وإذا كان ذلك كذلك، فكيف تبرر النزعة الأكسيوماتيكية إستبعادها لأى حدسٍ رياضى من مجال أنساقها؟(١١٩).

---

(118) Raymond : Continuum problem, OP -Cit, PP 208-209.

(١١٩) د. محمد ثابت الفندى : فلسفة الرياضة ص ١٥٨.

٧٤- **النزعة المنطقية**: وهى أشهر النزعات الثلاث التى شهدها مسرح الأبحاث الرياضية إبان أزمة الأسس، وذلك نظراً لما أحرزته من نجاح فى وضع تعريف منطقى جديد للعدد، ومن ثم رد الرياضيات بأكملها - وهى التى وقف بها المذهب الحسابى عند بوابة العدد الصحيح - إلى قضايا منطقية خالصة. وقد تعاقب على تدعيم هذه النزعة عددٌ من الرياضيين والمناطقة، نكتفى منهم بالإشارة إلى موقف "فريجه" و "رسل"، اللذان حملا ميراث "كانتور" ممثلاً فى نظرية المجموعات ليحتفظا به فى قوالب منطقية دقيقة وواضحة*.

---

* قد يكون من القول المُعاد أن نشير إلى قدم هذه النزعة، وإلى سبقها التاريخى فى محاولة البحث عن أساس واضح تستمد منه الرياضيات صحتها ويقينها. ولذا أغفلنا الأشارة إلى محاولة "ليبتز" الذى كان أول من نظر إلى المنطق كأساس ترد إليه كل معرفة تريد أن تكون يقينية، ومنها الرياضيات بالطبع. كما أغفلنا الإشارة إلى محاولة المنطقى الإنجليزى "جورج بول" G. Boole (١٨١٥-١٨٦٤) وإسهامه البارز فى بناء صرح "جبر المنطق" الذى أصبح فيما بعد فرعاً من فروع المنطق الرياضى يقابل نظرية "حساب الفئات". ومن ناحية أخرى ، لعبت إسهامات الرياضى الإيطالى "جوزيف بيانو" G. Peano (١٨٥٨-١٩٣٢) دوراً هاماً كحلقة خاصة بين المذهب الحسابى وجبر المنطق من جهة، وبين النزعة المنطقية المعاصرة بقيادة "فريجه" و "رسل" من جهة أخرى وعلى الرغم من أن "بيانو" كان أقرب إلى النزعة الأكسيوماتيكية منه إلى النزعة المنطقية، وعلى الرغم من سبق فريجه الزمنى عليه، إلا أن التطور الطبيعى يقتضى أن تكون أعماله مقدمة لأعمال "فريجه" و "رسل" . وقد تمثل إسهام "بيانو" البارز فى صياغته لأول نسق أكسيوماتيكى للعدد، إنطلق فيه من ثلاثة أفكار أولية لا معرفة وهى : "الصفر" و "العدد" و " التالى" ثم خمس مصادرات هى :

١- الصفر عدد. ٢- تالى أى عدد هو عدد ٣- ليس لعددين عين التالى.

٤- الصفر ليس تالياً لأى عدد.=

كان فريجه هو أول من نجح - بتعبير رسل- فـي " مَنْطَقَـة " الرياضـة، أي أنه نجح فى أن يرد إلى المنطق تلك المفاهيم الحسابية التى أثبت السلف أنها كافية للرياضيات(١٢٠). ففـى عـام ١٨٧٩ نشـر فريجـه بحثـه المشـهور " تدوين الأفكار: لغه صوريـه للفكـر تُحـاكى علـم الحسـاب"(١٢١)، مضمنـاً إيـاه نظريته فى الخواص الوراثية للمتسلسلات العددية(١٢٢). أما تعريفـه المنطقـى للعدد، والذى يُعـد الأول مـن نوعـه، فقـد ضمنـه عملـه الثـانى المنشـور عـام ١٨٨٤، والمُسمى "أُسس علم الحساب" وعلى الرغم من أهميـة هـذا الكتـاب، إلا أنـــه لـم يلفت الانظار، وبقـى تعريـف العـدد الـذى إشـتمل عليـه مجهـولاً تقريباً حتى كشف عنه "رسـل" عام ١٩٠١(١٢٣).

والمبدأ الاساسى الذى يستند إليه "فريجه" فى تعريفه للعدد، هو ألا نقـابل بين العدد والكثرة plurality ، فالعدد هو الخاصية التى تميز الأعداد، تماماً مثل "الإنسان"، فهو الخاصية التى تميز الناس. أما الكـثرة فهـى حالـة خاصـة لعدد ما مُعطى، فإذا قلنا مثلاً "ثلاثة رجال"، فهذه حالة للعدد ٣ ، والعـدد ٣

= ٥- أى خاصية من خواص الصفر، والتى هى من خواص أى تالى لأى عدد، هى خاصية لجميع الأعداد. ويرى "رســـل" أن هذا النسق يُمثل الكمال فى تحسيب الرياضة، وإن كـانت تشـوبه بعض الثغرات التى يمكن ملئها بإسهامات "فريجه".

أنظر : رسل: مقدمة للفلسفة الرياضية ، ص ٩ وما بعدها.

- د.محمد محمد قاسم: نظريات المنطق الرمزى، ص ص ١٣٨-٤١

- د. محمد محمد قاسم : جو تلوب فريجه: ص ٦٤.

(١٢٠) رسل : المرجع السابق، ص ١١ .

(١٢١) أنظر : د. محمد محمد قاسم : جوتلوب فريجه، ص ١٥ .

(122) Russell : Our knowledge ... , P. 204.

(١٢٣) رسل : المرجع السابق، ص ١٦ .

حالة من حالات العدد، لكن "ثلاثة" ليست حالة للعدد بمعناه الرياضي والمجرد [١٢٤]. ومعنى ذلك أنه لايمكن تعريف العدد بمطابقته مع المجموعة التي لها هذا العدد، فالعدد ٣ ليس متطابقاً مع الثلاثي المكون من "أحمد و علي و محمد" ، لأن العدد ٣ شئ مشترك بين جميع الثلاثيات ويميزها عن المجموعات الأخرى التي لها أعداد مختلفة[١٢٥]. تلك هي نقطة الإلتقاء الواضحة بين نظرية "كانتور" في تأليف المجموعات، وبين النزعة المنطقية عند كل من "فريجه" و "رسل" ، وإن كان كلاهما يستخدم مفهوم الفئة Class بدلاً من مفهوم المجموعة الذي إستخدمه "كانتور" من قبل، ولكي نُعَرف العدد، لابد لنا أولاً من أن نُعَرف الفئة، وهنا نجد أنفسنا أمام طريقتين للتعريف: الأولى أن نسرد أعضاء الفئة، كأن نقول "الفئة التي نعنيها هي "أحمد، علي، محمد"، أو قد نذكر خاصية مُعرفة، كأن نقول "الجنس البشري" أو "سكان الإسكندرية" . والتعريف الأول يُسمى تعريفاً "بالماصدق" ، أما الثاني فهو تعريف "بالمفهوم". ومن الواضح أن التعريف بالمفهوم أساسي من الوجهة المنطقية أكثرمن الآخر. ذلك أن التعريف بالماصدق يمكن دائماً أن يُرد إلى التعريف بالمفهوم، بينما العكس غير صحيح حتى من الوجهة النظرية، لأننا لايمكن أن نسرُد مثلاً جميع الرجال ، أو حتى جميع سُكان الإسكندرية[١٢٦].

العدد إذن هو طريقة نجمع بها " فئات " أو " مجموعات " معينة هي تلك التي لها عدد معلوم من الحدود. فقد ننظر إلى جميع الأزواج في

---

(١٢٤) نفس الموضع.

(١٢٥) نفس الموضع.

(١٢٦) نفس المرجع ، ص ١٧.

حزمة، وجميع الثلاثيات في حزمة أخرى... وهكذا. فنحصل بذلك على حزمات مُختلفة من المجموعات، وكل حزمة مكونة من جميع المجموعات التي لها عدد مُعين من الحدود (١٢٧). ولو أردنا أن نعرف عدد الحدود في أية مجموعة أو فئة، حتى ننسبها إلى الحزمة الخاصة بها، فليس أمامنا إلا طريقة التناظر، أو علاقة واحد بواحد، وذلك حتى لا نصطدم بمجموعة لامتناهية لا يمكن سرد أعضائها. فإذا ما علمنا أن هناك علاقة واحد بواحد تربط بين حدود فئتين، قلنا أن الفئتين متشابهتان (١٢٨).

وهكذا يمكن أن نصل الى تعريف شامل للعدد فنقول أن عدد الفئة هو " فئة جميع الفئات المشابهة له " (١٢٩).

٧٥- وإنطلاقاً من هذا التعريف للعدد- والذى كان أساساً لنظرية " حساب الفئات " - يذهب "رسل " إلى أن مفارقات نظرية المجموعات هي في الأصل مفارقات منطقية، ترجع إلى تصور الفئة، أو بالأحرى إلى ما يمكن أن نسميه بالتضمن الوجودى للفئة (١٣٠). وكان حله لها ما قدمه بعد ذلك فيما عُرف " بنظرية الأنماط " theory of types .

وفحوى هذه النظريه أنه لابد من ترتيب الأشياء في صورة هرمية، بحيث أن المحمولات التي تصدق أو تكذب على " نمط " ما، لايمكن تطبيقها تطبيقاً ذا معنى على الأشياء التي تنتمي إلى نمطٍ آخر. لذلك يمكن إقامة

(١٢٧) نفس المرجع، ص ١٩ .

(١٢٨) نفس المرجع ،ص ٢٢.

(١٢٩) نفس المرجع ،ص ٢٣ .

(١٣٠) اير : المسائل الرئيسية في الفلسفة ، ص ٢٢٤ .

قضايـا عن أفـراد، ما لا يمكـن إقامتها عن فئـات لأفـراد، ويمكن إقامـة قضايا عن فئات، ما لا يمكن إقامتها عن فئات لفئات...وهكذا [131].

ومعنى ذلك أنه لابد من الإستغناء عما يمكن تسميته بالفئـات " غير النقية" ، أى الفئات التى ليست نقية بالنسبة للنمط [132]. فـإذا كـان لدينـا مثـلاً دالة القضية: "إذا كان س إنساناً، إذن س فان" ، بحيـث تكـون جميـع قيمهـا قيماً صادقة. فمن الممكن حينئذ أن نستنتج منها "إذا كان سقراط إنسـاناً، إذن سقراط فان"، ولكننا لا نستطيع أن نستنتج :"إذا كـان قـانون عـدم التنـاقض إنساناً، إذن قانون عدم التناقض فان". فنظرية الأنماط تعلـن أن هـذا الـترتيب الأخير للألفاظ لامعنى له، وتُعطى قواعد للقيم المسموح بهـا للمتغير س فـى دالة القضية [133]. وبنفس الطريقة التى يختلف بها "سقراط" عـن "قـانون عـدم التناقض، يختلف تصور الفئة عن تصور أعضاءها، فوجود الفئة هـو وجـود من الدرجة الثانية بالقياس إلى وجود الأعضـاء، وبنـاءً علـى ذلـك فـإن فكـرة الفئة التى تشتمل على نفسها، فكـرة غـير معقولـة، تنطـوى علـى خُلـف، لأن الفئة هى بالضرورة من نمط أعلى من نمط العناصر التى تنتمى إليها [134].

وهكذا يمكن لنظريـة الأنمـاط أن تتجـاوز بـالفعل مشكلة النقـائض، وإن كانت تثير من ناحية أخرى صعوبات كثيرة. منها أن تعريـف العدد بطريقـة "فريجه" و "رسل" يصبح باطلاً وفقاً لترتيب الأنمـاط. فلـن نستطيع مثـلاً أن نُعرّف العدد 2 بأنه فئة لجميع فئات الأزواج، لأننا يجب حينئذ أن نميز بيـن

---

(131) نفس المرجع ، ص ص 226 -27 .

(132) رسل : مقدمه للفلسفة الرياضية ، ص 150.

(133) رسل: أصول الرياضيات، جـ1، ص19.

(134) د. محمد عابد الجابرى: تطور الفكر الرياضى، ص 105.

فئة الأزواج الخاصة بالأشياء، وبين فئة الأزواج الخاصة بفئات الأزواج ... وهكذا[١٣٥]. مما يدفعنا إلى القول بأن حل مشكلة النقائض وفقاً لنظرية الأنماط يأتى على حساب أهم ركن من أركان النزعة المنطقية، ألا وهو تعريف العدد. وهذا يُمثل تناقضاً آخر يستلزم إما إلغاء النظرية، أو مراجعة الحد الفاصل بين الرياضيات والمنطق كما تصوره "فريجه" و "رسل".

جـ- هل للرياضيات أساس وحيد؟.

٧٦- تلك هى الأفكار الرئيسية للنزعات الثلاث التى تقاسمت البحث فى أسس الرياضيات منذ بداية هذا القرن. ولا نستطيع الزعم بأن واحدة منها قد نجحت تماماً فى حل مشكلة النقائض. أو إنها قد إستطاعت بالفعل رد الرياضيات إلى أساس، واضح ويقين، لايأتيه الباطل من بين يديه ولامن خلفه. ولكن نقول أن كل نزعة منها قد قطعت ثلث الطريق، وأنها إستعانت بطريقة أو بأخرى بجزء من توجهات النزعتين المقابلتين.

وأمامنا شواهد تؤكد ذلك، منها :

١- فى النزعة المنطقية:

أ- إعتراف "رسل" بغموض نظريته عن "الأنماط" وعدم إكتمالها[١٣٦]. هذا فضلا عن أنها تذكرنا بمن يعالج الداء بالداء، فهو يضع نظرية الأنماط كعلاج لما إنطوت عليه نظرية "حساب الفئات" من متناقضات، فهل يستلزم الأمر وضع نظرية جديدة لعلاج ما ظهر من تضارب بين النظريتين ؟ .

---

(١٣٥) نفس المرجع ، ص ١٠٦.

(١٣٦) رسل : مقدمة للفلسفة الرياضية، ص ١٤٩ & أصول الرياضيات، جـ١،جـ١٠.

ب- تأثُر " رسل " الواضح فى نظرية الأنماط بمبدأ الانفصال بين المجموعات الذى قال به "زيرميلو" فى نسقه الأكسيوماتيكى، لا سيما وأنه - أى رسل - قد ساهم قبل ذلك مساهمة فعالة فى المناقشات الخاصة ببعض مسلمات هذا النسق (١٣٧).

جـ- لجوء المناطقة -ومنهم " رسل "- إلى صياغة نظريات المنطق الرمزى صياغة أكسيوماتيكية طلباً للوضوح والدقة.

٢- **فى النزعة الحدسية**: لجوء "هايتنج" إلى تطوير المنطق الصورى بما يسمح بغياب قانون الثالث المرفوع. ثم محاولته عام ١٩٣٠ صياغة نسق أكسيوماتيكى لما أسماه بقضايا المنطق الحدسى (١٣٨).

٣- فى النزعه الأكسيوماتيكية: إعتماد "زيرميلو" فى صياغة نسقه على قواعد المنطق الصورى، وإستخدامه لمصطلحاته. هذا فضلاً عما أثير عن الدافع إلى إختيار بعض المسلمات دون أخرى بوصفها قضايا أولية، وتبرير بعض الحدسيين لذلك بتبعية الأنساق الأكسيوماتيكية للحدس.

يُمكننا إذن الزعم بأن أياً من النزعات الثلاث لم تنجح منفردة فى علاج أزمة الأسس. وأن علاج هذه الأزمة -كما شهدته السنوات التالية- كان مبعثه التلاقح والتفاعل بين النزعات الثلاث، حتى وإن بدت فى الواقع متصارعة ومتناحرة. وليس هناك ما يُبرر تصنيف النزعة الحدسية -كما

---

(137) Fraenkel : Set theory, P. 425.

وأيضاً أصول الرياضيات ، جـ ١ ، ص ١٠ .

(١٣٨) الكساندرا غيتما نوفا : علم المنطق، ص ٣٥٦ .

فعل البعض(١٣٩)- كنزعة هامشية ، تمثل اتجاهاً خاصا جداً في مقابل النزعتين الأكسيوماتيكية والمنطقية الأكثر تقارباً، ذلك أن الحدس بمعناه الواسع - أى تلك الرؤية الكلية المباشرة لموضوعات المعرفة - يلعب دوراً هاماً لايمكن إنكاره فى ثراء الكشف العلمى، سواء في مجال الرياضيات ، أو فى مجال الفيزياء(١٤٠). ولنا مع هذه النقطة وقفة أخرى لاحقة.

تعقيب :

٧٧- فى ضوءما سبق، نستطيع الزعم بأن أزمة الرياضيات الكبرى التى ألمت بها خلال القرن التاسع عشر ، هى في حقيقتها أزمة نمو وتطوير: نمو لمفاهيمها ، وتطوير لمنهجها. ولا نفهم الأزمة هنا بالمعنى السلبى الذى ننسبه إلى الجسد فى حال المرض، وإنما بالمعنى الإيجابى المعبر عن نشاط العقل وسعيه الدائم فى طلب اليقين، تلك المعرفة المؤكدة التى لاتكتنفها الظلال.

وكما رأينا فإن اليقين درجات، أدناها معاينة الوقائع ، وأرقاها صورية المعانى والمفاهيم. وبين هذه وتلك، تقع الأزمة الرياضية التى كان مفهوم الاتصال محورها الأساسى. ولنسترجع بإيجاز مراحل التناول الرياضى لهذا المفهوم.

فى مطلع العصر الحديث، كانت طبيعة الاتصال تُلتمس فى ذلك الخط المستقيم الديكارتى الممثل لترابط النقاط فى المكان (ف ٣٠). وبعد إكتشاف

---

(١٣٩) بول موى : المنطق وفلسفة العلوم (ترجمة د. فؤاد زكريا، دار نهضة مصر، القاهرة ، ١٩٧٣) ص ١٤٢ وأيضاً:

د. محمد عابد الجابرى: تطور الفكر الرياضى ، ص ١١١.

(140) Morris , R: "Dismantling the universe", The nature of scientific discovery, Simon & Schuster Inc, N. Y, 1983, P-63.

"نيوتن" و "ليبنتز" لحساب التفاضل والتكامل ، أصبحت الدالة الهندسية المتصلة نموذجاً أكثر قبولاً لمعنى الاتصال (ف ٣٨). لكن هذه الدالة لم تلبث أن توارت خلف كثرةالدوال المنفصلة، التى كان إكتشافها نذيراً بزعزعة يقين الحدس الهندسى للإتصال (ف ٤٢) . حقاً لقد ساهم حساب التفاضل والتكامل فى حل بعض المشكلات الخاصة باللامتناهيات، ولكن أنّى لنا وصف إتصال الزمان والمكان بدوال تحتمل الإنفصال؟. هنا تبرز ضرورة العودة إلى الأعداد الصحيحة كمنطلقٍ وحيد ويقينى لمتسلسلات الأعداد بكافة أشكالها. وماكان لهذه الخطوة أن تتم دون إستبدال اليقين الصورى بيقين الواقع، وتحول الهندسة ذاتها من الوصف العينى لقضاياها كمعيارٍ لليقين، إلى عدم التناقض بين تلك القضايا كمعيارٍ بديل، يمكننا به توسيع قاعدة البناء الهندسى ليشمل أنساقاً لاحصر لها، متسقة القضايا، لا بحكم الحدس المكانى، وإنما بحكم العقل المجرد (ف ٥١،٥٢).

هكذا يتحرر الاتصال من كل روابطه الهندسية، فيرقى من كونه متسلسلة ملتحمة من الكسور (ف ٥٨) ، إلى كونه متسلسلة ديدكينية متصلة القطوع (ف ٦٠). ثم يحصد "كانتور" ثمار التجريد بنظريته فىالمجموعات، فيضع تعريفاً للإتصال، هو فى جوهره تعريف لمتسلسلة الأعداد الحقيقية ، تلك التى تربط بين أى حدين من حدودها - مهما قل الفرق بينهما - بحدودٍ أخرى من متسلسلة الكسور أو النسب (ف ٦٩).

ورغم جهود "كانتور"، إلا أن نقائض الأعداد اللامتناهية عادت تطل برأسها من جديد، لتهدد يقين الأعداد المنشود، مما كان إيذاناً ببدء البحث فى أسس الرياضيات ومنابعها. وهكذا وجدنا أنفسنا أمام نزعات ثلاث، ترد الرياضيات إما إلى الحدس (ف٧٢)، أو إلى الأكسيوماتيك (ف ٧٣)، أو إلى

المنطق (ف ٧٤). لكن علاج الأزمة -فيما نزعم - لم يكن حكراً على نزعة دون أخرى، بل لقد أدت كل نزعة دورها المطلوب، ليبقى اليقين الرياضى فى النهاية متعدد الأبعاد، وإن كان ذلك فى حدود العقل الخالص (ف ٧٦).

بقى أن نجمل فى نقاط تعريف "كانتور" للاتصال، بوصفه أعلى رُتبة من رُتب الاتصال الرياضى. ونلجأ فى ذلك إلى عالم الرياضيات "إدوارد هنتنجتون" E. Huntigton الذى فصّل هذا التعريف عام ١٩١٧ فى كتابه "المُتصل" The contiuum ، حيث يقول [١٤١]:-

" المتصل مجموعة لامتناهية غير معدودة Non -denumerably infinite set ، ولنرمز لها بالحرف ك ، تُؤلف فيها العناصر متسلسلة من الأعداد الحقيقية، فى إطار الشروط التالية:

(١) أنها "تامة الترتيب". بمعنى أنه بالنسبة لأى عددين حقيقيين، يكون أحدهما أكبر من الآخر. فإذا كان ك١ ، ك٢ أى جزئين غير فارغين Nonempty من ك ، بحيث أن كل عنصر من ك ينتمى إما إلى ك١ أو إلى ك٢ ، وكل عنصر من ك١ يسبق كل عنصر من ك٢، حينئذٍ يوجد على الأقل عنصر واحد ن فى ك ، بحيث أن أى عنصر يسبق ن ينتمى إلى ك١ ، وكل عنصر يتبع ن ينتمى إلى ك٢ .

(٢) أنها مُلتحمة أو كثيفة dense. بمعنى أنه بالنسبة لأى عددين حقيقيين مختلفين ، يوجد بينهما ثالث. فإذا كان أ، ب عنصرين فى الفئة ك ، وكان أ

---

(141) Huntington, E. V. " The continuum", Cambridge, Mass, 1917 & Dover Pub. Inc, N. Y, 1955, Ch. V, P-54.
See also : Korner, S. : " Contiuity", in Ency. of philo., Vol (2), P-206.

يسبق ب ، فإنه يوجد على الأقل عنصر واحد ج ، بحيث أن أ يسبق ج ، ج يسبق ب .

(٣) أنهـا خطيـة Linear . أى أنهـا مـن متصـل ذو بعـد واحـد One dimensional contiuum ، بمعنى أنه بين أى عددين حقيقيين يوجد عدد حقيقى هو عضو فى فئة فرعية معدودة Denumerable subclass ، فإذا كانت الفئة ك تحتوى الفئة س ، فإنه يوجد عنصر من س بين أى عنصرين من ك. على سبيل المثـال، فئـة الأعـداد الحقيقيـة بيـن صفـر، ٢ تُمثـل متصـلاً،وهى بالإضافة إلى ذلك تُمثل متصـلاً خطياً مع س فئة الأعـداد المنطقة،و $\sqrt{٢}$ عنصر فى المتصل ، ولكنه ليس عضواً فى س.

(٤) أنها يمكن أن تنقسم إلى قطوع ديدكينية Dedekind Cuts ، بمعنى أننا لو قسّمنا كل الأعداد الحقيقية فى فاصـل إلى فئتين (ليستا فـارغتين)، بحيث أن كل عضو فى الفئة الأولى يكون أصغر من كل عضـو فى الفئـة الثانيـة، فإنه يوجد عدد حقيقى يُقسّم هاتين الفئتين. أى أن كل عدد حقيقى أصغر منه ينتمى إلى الفئة الأولى، وكل عدد حقيقى أكبر منه ينتمى إلى الفئة الثانية.

ولا نحتاج لأكثر من هذا التعريف فى تمييزنا للمتسلسلات المتصلة عمـا سواها، وبصفة خاصة فـى دراستنا الفيزيائيـة لإتصـال الزمـان والمكـان، أو لمتصل الزمـان – المكـان الربـاعى الأبعـاد وفقـاً لنظريـة "آينشـتين" فـى النسبية[١٤٢]، وإن كان ذلـك يدفعنـا إلـى التسـاؤل : كيـف تكـون الرياضيـات، وهى فى نهاية الأمر ليست إلا خلقـاً حـراً للعقل البشـرى، متفقـة مـع الواقـع الفعلى؟. وبعبارة أخرى، ما مدى إنطبـاق الكيانـات الرياضيـة المجـردة علـى

---

(١٤٢) ألبرت آينشتين : النسبية الخاصة والعامة (ترجمة د. رمسيس شحاتة ، مراجعة د. محمد مرسى أحمد ، دار نهضة مصر للطباعة والنشر، القاهرة ، بدون تاريخ) ص ٨٨.

الواقع المحسوس؟. وتلك مشكلة من أعقد المشكلات التى واجهها العلماء والفلاسفة عبر تاريخ العلم، نؤجل تناولها حتى نعرض لمردود هذه التحولات الرياضية على البحث الفيزيائى، ذلك الذى إنبرى أصحابه للتحقق من قيام الاتصال فى الطبيعة.

لنحمل إذن تساؤلنا ولنطرق به باب الفيزياء.



الاتصال الفيزيائى بين النظر والتجربه

تمهيـــد:

٧٨- تناولنا في الجزء الثالث من الفصل الأول تطور فكرة الاتصال فى العلم بداية من "أرسطو" وحتى " نيوتن " . ورأينا كيف كان مبدأ الاتصال، عبر مسيرة العلم قديما وحديثا، قضية أولية تُلح حيثما بُحث الزمان أو المكان، وحيثما بُحثت المادة أو الحركة. وهكذا كانت قوانين نيوتن فى الحركة، وقانونه العام فى الجاذبية، تتويجا لجهود نظرية وتجريبية سابقة تؤكد الاتصال. فليس هناك قفزات فى الطبيعة، وكل جسم متحرك، بالدفع أو بالجذب، فحركته تنساب تدريجيا على نحو متصل، وفقا لإطار مطلق ذو بعدين: مكانٌ متصل يتألف من عدد لامتناه من النقاط المتجانسة وزمانٌ متصل به عدد لا متناه من الآنات المتجانسة والمتدفقة إلى الأمام بسرعة متساوقة خلال الكون. أما الجسم المتحرك ذاته، فقوامه جزيئات مصمتة لامتناهية العدد والصغر، تدفعها وتجذبها قوى يمكن صياغتها صياغة رياضية حاسمة .

وبهذا التصور الميكانيكى للأجسام وحركاتها، بدا الكون وكأنه محكوم بعدد محدود من القوانين الرياضية تسوغ التنبؤ بالمستقبل، بدلالة الماضى والحاضر، وتبعا لمعادلات تفاضلية تُتيح لنا الإمساك باللامتناهى فى الصغر. وماعلينا إلا أن نرضخ لهذه المعادلات وتلك القوانين إذا ما أردنا تسخير الطبيعة.

ثم إنتقلنا فى الفصل الثانى إلى التناول الرياضى الحديث لفكرة الاتصال، وتتبعنا مراحل التخلى التدريجى عن التمثيل الهندسى أو الدالى للإتصال، الذى أقره من قبل" نيوتن " و" ليبنتز" ، ليغدو فى النهاية مفهوما عدديا مجردا، خالٍ من متناقضات الأعداد اللامتناهية. وعلى هذا

المستوى الرياضي المجرد تتساوى فرص التحقق الواقعي لكل من الاتصال والإنفصال، فكلاهما قائم على التعريف، ولاشأن للرياضيات البحتة بما هو متحقق بالفعل على أرض الواقع .

ونريد الآن أن ندلف إلى ما إعتبرته الرياضيات خارجا عن مجال إختصاصاتها، أعني إلى ميدان البحث عما إذا كانت الظواهر الطبيعية بمستوياتها الثلاثة : المحلي Local – أي مستوى الخبرة الأرضية المباشرة – والكوني والذري، تكشف أو لاتكشف عن تحقق الاتصال. وتلك هي المهمة التي إضطلعت بها الفيزياء المعاصرة، لاسيما بعد أن قدم "ديدكند" و "كانتور" ترجمة وافية للغة التي كتبت بها الطبيعة، وهي الأعداد بكافة أشكالها وأنماطها الترتيبية.

٧٩- وقد تجلت المعالجة الفيزيائية المعاصرة لموضوع الاتصال في نظريتين كبريتين تقاسمتا البحث في الظواهر الطبيعية منذ بداية هذا القرن: إحداهما نظرية النسبية (الخاصة والعامة)، والأخرى نظرية الكم. وبينما تُعيد النسبية الخاصة صياغة القوانين الأساسية للحركة على نحو أدق مما قدمه " نيوتن " ، تتجه النسبية العامة إلى تعليل خواص المادة على النطاق الواسع، أي على مستوى الكون الأكبر، حيث النجوم والكواكب وحركاتها التجاذبية. أما نظرية الكم فتعلل خواص المادة على النطاق الضيق جدا، أي على مستوى الكون الذري. وليس هناك فيما يبدو أية رابطة بين النسبية العامة والكم، اللهم إلا في أساسهما المشترك وهو النسبية الخاصة[1].

(١)رسل : الف باء النسبية (ترجمة فؤاد كامل، مراجعة د. محمد مرسى أحمد، شركة مركز كتب الشرق الأوسط ومكتبتها، القاهرة، ١٩٧٧) ص١١٣.

ومن ناحية أخرى، بينما تنجح النسبية فى تحطيم الأطر المطلقة التى إفترض نيوتن أن قوانين الطبيعة تعمل بمقتضاها، وهى الزمان والمكان، تحرز نظرية الكم نجاحا مماثلا فى تفتيت عالم الذرة الذى ظنه " نيوتن " مصمتا لا داخل له. والحق أنها لمهمة شاقة أن نعرض فى فصل واحد لنظريتين أثارتا من المشكلات الفلسفية أكثر مما إضطلعتا بحله. ولكننا مع ذلك سنحاول تتبع الخطوط الرئيسية لكلتيهما، تدفعنا رغبة مُلحة فى الحصول على إجابة شافية عما إذا كان الاتصال قائما فى الطبيعة أم لا.

٨٠- ولن يتسنى لنا فهم النظريتين دون أن نُلم بمقدماتهما، أعنى بإرهاصات التغيير التى إجتاحت القرن التاسع عشر، والتى لمسنا جانبا منها فى مجال الرياضيات. أما فى مجال الفيزياء فقد خرجت علينا التجارب المختلفة بمشاهدات ونتائج جديدة تستعصى على مبادئ الميكانيكا التقليدية، وتند عن منهجها. ومن ثم كان لابد من توسيع البناء النظرى فى الفيزياء بما يكفى لإستيعاب المشاهدات الجديدة. ولايعنى ذلك - كما يُصور البعض - إنهيار النسق النيوتونى أو مراجعته برمته . فالحقيقة أن هذا النسق ظل حتى أواخر القرن التاسع عشر -ولم يزل فى مجالات ليست قليلة- منهاجا أثيرا لكل العلماء الذين يبحثون فى الفيزياء النظرية. وكانت مبادئه الأساسية كافية منطقيا لدرجة أن الحاجة إلى مراجعتها لم يكن من الممكن أن تنهض إلا بدافع من الحقيقة التجريبية وتحت ضغطها(٢)* .

---

(٢)ألبرت آينشتين: أفكار وآراء ("مجموعة مقالات مجمعة"، ترجمة د.رمسيس شحاتة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٦) ص ص ٤٥-٤٦.

*وعلى هذا يجب ألا ننساق وراء الدعاوى الحماسية التى تؤكد سقوط النسق النيوتونى ودفنه إلى الأبد فى مقبرة النسبية والكم. فهذه الدعاوى تخلع على النظريات الجديدة سمة الثورية، لكن =

بعبـــارة أخـــرى، نستطيع الزعـم بـأن أزمـــة الميكانيكـا التقليديـــة إنمـا تنحصر فى شموليتهـا ، أى فى الظن بإمكـان تطبيقهـا على كافـة المجـالات التى تفرعـت اليها الفيزيـاء. وبالتالى فهى فى حقيقتهـا أزمـة نمـو - شـأنها فى ذلك شأن أزمة الرياضيات التقليديـــة - تستلـــزم التوصـل إلـى قوانيـن جديدة يمكنها إحتواء ما إسـتجد مـن وقائـــع تجريبيـــة. وقد تركـــزت هـذه الأخيرة فى فروع فيزيائية ثلاثة ، وهى :- الحرارة، والضوء، والكهربـاء.

=لفظة "الثورة" قـد تكـون مدعـاة للتضليـل، لأن قوانـين "نيوتـن" لاتـزال كافيـة لتفسـير التجربـة العادية. بل لقد كانت كافية تماما لكى تحمل الإنسان إلى القمر ثم تعيده إلى الأرض سالما. أما دقة النسبية فلا تحتاج إليها إلا فى حالات خاصة، كحالة السرعات التى تقترب من سرعة الضوء.

يقول الفيزيائى " ليوبولد إنفلد "، صديق " آينشتين " ومعاونـه، "ليـس صحيحـا كـل الصحـة أن يُقال أن "آينشتين" أثبت عدم صلاحية ميكانيكا "نيوتن" للتطبيق، بل الأصح أن يقال أنه بين أوجـه قصورها ، ذلك أن النطاق الذى تصلح فيه للتطبيق لا يزال واسعا ".ويؤكد "آنشتين" نفسه هـذه المقولة فيصرح بأن ابتكار النظرية النسبية "إنما يرجع بالضرورة إلى مجرد الرغبـة فـى جعـل النظريـة الفيزيائية تتفق على قدر المستطاع مع الحقائق المشاهدة " . ثم يستطرد قائلا: " اننـا لا نواجـه هنـا عملا ثوريا بل إستمرارا طبيعيا لإتجاه بـدأ منـذ أجيـال.إن التخلـى عـن أفكـار معينـة عـن الفضـاء والزمن إعتبرت من قبل اساسية لا يجوز إعتباره عملا تعسفيا ولكنه تمشيا مـع الحقـائق المشـاهدة". ومن المعروف أن " آينشتين " كان مؤيدا بقوة لأهم مبـادئ النسـق النيوتونـى وهـو مبـدأ السـببية الذى يستند بدوره إلى مبدأ الاتصال . ولا يزال هذا المبدأ كما سنرى يناطح مبدأ الانفصال الـذى سيطر على الأبحاث الذرية منذ اكتشاف نظرية الكم .

See: Infeld, L. :Albert Einstein, His Work and its influence on our world, Scribner' s ,N,Y,1950, p.20.

وأيضا :

روبرت م. أغروس & جورج ن. ستانسيو: العلم فى منظوره الجديد ، مرجع سابق، ص١٢٠-٢١.

- انيشتين: المرجع السابق ، ص ١١.

ومجمل ما توصلت اليه البحوث الفيزيائية فى هذه الفروع خلال القرن التاسع عشر يعرف عامة بالميكانيكا الكلاسيكية[٣]. وهى موضوع الجزء الأول من هذا الفصل .

أولا: وجهة النظر الكلاسيكية .

١-الديناميكا الحرارية (الثرموديناميكا) Thermodynamics .

٨١- الثرموديناميكا فرعٌ حديث نسبيا من فروع الفيزياء ، يعنى " ببحث العلاقة بين خواص المواد وتفاعلاتها تحت تأثير الحرارة ، فضلا عن تحول الطاقة من وجه إلى اخر"[٤]. وعلى هذا فهى إمتداد لبحوث الحرارة التجريبية التى بدأها "جاليليو" عام ١٥٩٣ حين إبتكر أول ميزان حرارى عرفه العلم الحديث[٥].

وبصدد تفسير العلماء لماهية الحرارة ، نجد أنهم حتى منتصف القرن التاسع عشر تقريبا، كانوا يعملون وفق نظرية قديمة - ربما ترجع إلى" ديموقريطس "[٦]- تخلع على الحرارة شكلا غامضا لا وزن له من أشكال المادة ،سمى بالسيال الحرارى caloric وعلى الرغم مما أحرزته هذه النظرية من نجاح فى تفسير الظواهر الحرارية ، إلا أنها لم تكن دائما التفسير الوحيد والمقنع لماهية الحرارة ، فمنذ عام ١٦٢٠ كان الفيلسوف الإنجليزى

---

(٣) جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٥٧

(٤) معجم الفيزيقا الحديثة ، مادة "ثرموديناميكا" ، جـ٢ ، ص ٣١٧.

(٥) ميتشيل ويلسون: الطاقة (ترجمة مكرم عطية ، مراجعة نزيه الحكيم ، دار الترجمة والنشر لشئون البترول ، بيروت، ١٩٧١) ص ص ٢٩-٣٠.

(٦) انظر فيرنر هانيزنبرج : المشاكل الفلسفية للعلوم النووية ، ص ٣٤.

"فرنسيس بيكون" (١٥٦١-١٦٢٦) F.Bacon قد عاد إلى وجهة النظر الأفلاطونية، فأعلن بجلاء أن الحرارة ما هى فى جوهرها إلا مجرد حركة . وقد تابعه فى ذلك من بنى موطنه الفيزيائيان "روبرت بويل" R.Boyle (١٦٢٧-١٦٩١) ، و" روبرت هوك " R.HOOKE (١٦٣٥-١٧٠٣) فوصف الأخير الحرارة بأنها " لا شئ سوى الإثارة السريعة والعنيفة لجزيئات جسم ما " . وفى عام ١٧٩٨ لقى هذا الإتجاه دعما مؤثرا من قبل الفيزيائى الأمريكى " بنجامين طومبسون" B.THOMPSON (١٧٥٣-١٨١٤) - المعروف بالكونت رمفورد - الذى أثبت عمليا أن الحرارة نتيجة طبيعية للحركة الاحتكاكية لجزيئات المادة (٧) .

ومع تجارب"روبرت ماير" R.MAYER (١٨١٤-١٨٧٨) فى ألمانيا ، و"جيمس جول" J.JOULE (١٨١٨-١٨٨٩) فى انجلترا ثبت بما لا يدع مجالا للشك أن الحرارة ليست سوى "طاقة" ناجمة عن الحركة التلقائية والعشوائية للجزيئات المادية ، وأن فى الإمكان تحويلها من الشكل الحرارى إلى أشكال أخرى ميكانيكية وكهربائية (٨).

وبثبوت كون الحرارة شكلا من أشكال الحركة ، وبالتالى من الطاقة ، أصبح من اليسير إدراك التكافؤ بين الطاقة والشغل الميكانيكى* . وتمت بذلك

---

(٧) ميتشيل ويلسون : المرجع السابق ، ص ٣٥.

(٨) نفس المرجع ، ص ص ٣٧ - ٣٨.

* "الشغل" work و "الطاقة" energy مفهومان من أهم المفاهيم الموروثة عن الميكانيكا التقليدية. والشغل، كما يُعرف فى الأخيرة بدقة ، هو "الجهد المبذول بقوة ما على مدى مسافة ما". فحين أدفع جسما ما ، بقوة معينة ولمسافة معينة ، فإننى حينئذ أكون قد بذلت شغلا مساو لحاصل ضرب القوة فى المسافة التى تحركها الجسم . وعلى هذا فالشغل هو طريقة بها يمكن أن تتغير الحالة الآنية للنظام system (أى للمادة موضوع البحث أو التجربة). أما "الطاقة" =

صياغـة القـانون الأول للثرموديناميكـا المعـروف بقـانون "بقـاء الطاقـــة" concervution of energyومؤداه أن" الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، ولكنها يمكن أن تتحـول مـن صـورة إلـى أخـرى"(٩) . ولا تعنينـا هنـا الإنعكاسـات الفلسفية لهذا القانون، والتى تجلت فى محاولة الفيلسوف والكيميائى الألمانى "وليم أزوالد" W.Ostwald (١٨٥٣-١٩٣٢) التوفيق بين الماديـة والمثاليـة بنظريته القائلة بأن "الطاقة" هى المبـدأ الأول للوجـود .وأن العمليات الماديـة والفكريـة بأكملها مـا هـى إلاتحـولات للطاقـة(١٠). وإنمـا ذكرنـا هـذا القـانون كتمهيد للقانون الثانى الأكثر أهميـة لموضـوع الاتصـال واللاتنـاهى ، والـذى جاء ثمرة لجهود الفيزيائى الفرنسى "سادى كـارنو" S. Carnot (١٧٩٦-

---

=فهى القدرة على بذل الشغل اللازم لتغير حالة النظام. واقرب مثال ثرموديناميكى لذلك هـو الغاز الواقع تحت كباس فى وعاء إسطوانى محكم الغلق، فلو اننى دفعت الكباس إلى اسفل بقوة (ق) خلال مسافة (ف)، فإن الغاز حينئذيتعرض لقدر من الشغل (ش) = ق×ف. ولذلك تتغير حالته (حيث يتقلص حجمه ويزداد ضغطه). أما تسخين الوعاء فيؤدى إلى زيـادة طاقة النظـام، فيتمدد الغاز ويبذل قدرا من الشغل يتمثل فى دفع الكباس إلى أعلى مـرة اخرى ، و هـذا هـو معنى التكافؤ بين الشغل و الطاقة .

see,Academician G. S. Landsberg(ed):Textbook of elementary physics, Trans from Russian by A . Troitsky , Mirr pub . Moscow, 1972 . vol (1), P. 161, P. 168 See also , Van Fraassen : An introduction of the philos . of time and Space , OP . Cit , P 87 .

وايضا :ل. لانداو وآخرون :الفزياء العامة ، الميكانيكا والفيزياء الجزيئية (ترجمة د.أحمد صادق القرماني ، دارمير للطباعة والنشر، موسكو ،١٩٧٥) البند ٥٦،ص ٢٠٣ وما بعدها.

(٩) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، (دائرة الشئون الثقافية والنشـر ، بغـداد ، ١٩٨٥) ص ٥٩ . وأيضا : معجم الفيزيقا الحديثة ، مادة "بقاء الطاقة" ، جـ١ ، ص ٥٢.

(١٠) نفس المرجع ، ص ص ٥٩ - ٦١.

١٨٣٢) ونظيره الالمانى "رودلف كلاوزيوس" R. Clausius (١٨٢٢-١٨٨٨) فى مجال الطاقة الحرارية.

٨٢- بدأت اسهامات" كارنو " فى مجال الثرموديناميكا بمقال وحيد نشره عام ١٨٢٤ تحت عنوان "أفكار حول القوة الحرارية المحركة " ، يعالج فيه مدى إمكانية تطوير الآلات البخارية التى تقوم بعملها وفقا لعملية دائرية : تبدأ بتسخين الماء فى وعاء إسطوانى محكم مزود بكباس ، فيتحول الماء بذلك إلى بخار، وبفعل التمدد يؤدى البخار شغلا ميكانيكيا يتمثل فى دفع الكباس إلى أعلى ، ثم ينتقل البخار من خلال إحدى الفتحات إلى مكثف بارد ليعود فيه ماء كما كان ، وعلى إثر ذلك ينزلق الكباس إلى موضعه الأصلى الإبتدائى ، ولتبدأ بذلك دورة أخرى جديدة(١١).

ويطرح "كارنو" فى بداية مقاله المذكور بعض التساؤلات : ماذا عن القوة المحركة للحرارة؟ هل هى قوة لاتنضب ؟ وهل هناك حد للتحسينات الممكن إدخالها على المحركات البخارية ؟؟. ومن خلال إجابته عن هذه التساؤلات، أوضح "كارنو" أن فقدان بعض الحرارة أمر" ضرورى لتشغيل أى محرك بخارى. وأنه من المستحيل تحويل الحرارة المتلقاة بأكملها إلى شغل ميكانيكى : إذ لما كان تكثيف البخار هو فى جوهره عملية تبريد، فلابد إذن من فقدان بعض الحرارة التى لايمكن استردادها. وهكذا إكتشف "كارنو" أن على الحرارة أن تنحدر من درجة عُليا إلى درجة دُنيا كيما تستطيع العمل. ولكنه لم يدر أنه بهذا الكشف كان يشير إلى واحد من أهم قوانين الثرموديناميكا، ألا وهو القانون الثانى، الذى كان لـ "كلاوزيوس" فضل السبق

(١١) ولسون : الطاقة ، ص ٥٨ & وايضا لانداو وآخرون : الفيزياء العامة ، البند (٦٣) ، ص ص ٢٣٤ وما بعدها.

إلى صياغته حين قال: "من المستحيل على آلة تعمل بصورة مستقلة - دون عونٍ من خارجها - أن تنقل الحرارة من جسم ما إلى آخر أعلى درجة". وفي عام ١٨٥٤ وضع الفيزيائي الإنجليزي "وليام طومسون" W.Thomson (١٨٢٤-١٩٠٧)-لورد كلفن - هذا القانون نفسه في صورة مغايرة بعض الشئ فقال: "من المستحيل، بالوسائل المادية غير الحية، أن نحصل على أى أثر ميكانيكى من أى جزء كان من المادة بتبريده إلى درجة حرارة أدنى من درجة أبرد الأشياء المحيطة به". أما جوهر هذا القانون فهو التالى: "أن الحرارة لاتنتقل بصورة عفوية من مكان بارد إلى مكان حار"(١٢).

٨٣-وبهذا القانون تعلن الثرموديناميكا أول تضاد نظرى وتجريبى مع الخواص الثابتة لقوانين الميكانيكا الأساسية* . بل وتُرسخ أيضا واحدا من أهم مبادئها المميزة، وهو المبدأ المعروف بـ "اللاإرتدادية"** irreversibility العمليات الحرارية. فلو نظرنا مثلا الىحركة الأجسام وفقا لقوانين الميكانيكا

---

(١٢) ويلسون : المرجع السابق ، ص ٥٨ .

* نعنى بقوانين الميكانيكا الأساسية كافة قوانين الميكانيكا التقليدية والمعاصرة ، والحقيقة أن تطورات الثرموديناميكا كانت لها انعكاساتها الفلسفية والفيزيائية قبل وبعد النسبية والكم ، خاصة فيما يتعلق بمشكلة الزمان . وكان ينبغى أن نؤجل بعض النقاط حتى نهاية هذا الفصل ، ولكننا آثرنا عرضها فى هذا الموضع حتى لا نفتقد الترابط بين الكشف الفيزيائى ونتائجه وإن كان ذلك يخل بالبعد التاريخى لهذه النتائج.

** هى الكلمة التى يترجمها مجمع اللغة العربية بـ "اللامعكوسية" (معجم الفيزيقا الحديثة ، جـ٢ ، ص ٢٧٠) ولكننا فضلنا ترجمتها بـ"اللاإرتدادية" تمييزا لكلمة reverse التى تعنى "معكوس" أو "مقلوب" عن كلمة reflex التى تحمل نفس المعنى ، والتى استخدمناها من قبل فى وصف الأعداد اللامتناهية بأنها "منعكسة (راجع الفصل الثانى ، فقرة ٦٦)

التقليدية، لوجدنا أنها "معقولة" بغض النظر عن التغيير فـى المؤشـر الزمنـى. أى سواء كان الزمان ينساب إلى الأمام أو إلى الـوراء. وهكـذا لـو أن جسـما ألقى على الأرض بسرعة ما، وبزاوية ما، فليس من المستحيل نظريا إرتـداد المؤشر الزمنى ليعـود الجسـم إلـى موضعـه الأصلـى بنفـس السـرعة وبنفـس الزاوية(١٣)، تماما كما لو كنا نحرك فيلما سينمائيا بعكس إتجاهه الأصلى.

ولاتقف هذه القابلية للإرتداد عند حدود القوانين النيوتونية فحسب، ولكنهـا تتعداها لتشمل كافة قوانين الظواهر الكهرومغناطيسـية Electro-magnetic والكماتية Quantum والنسبوية Relativistic التى ظهرت بعد ذلك(١٤).

فالجسيمات الذرية مثلا لاتكترث إطلاقا بإتجاه سهم الزمـان، وليـس هنـاك ما يمكن إستنباطه مـن دراسـتها بحيـث يوحـى لمـاذا ينبغـى علـى الزمـان أن ينساب فى إتجاه دون آخر. وتعرف هذه اللامبالاة التى تتصف بها الجسيمات الذرية والقوانين الفيزيائية نحو إتجاه سـهم الزمـان بـ"تمـاثل إرتـداد الزمـان" Time-reversal symmetry"(١٥).

أما فى الثرموديناميكا،فإن إرتداد العمليات الحرارية بالمؤشر الزمنى أمـر مستحيل تماما، ولو حدث وتلامس جسـمان بدرجتـى حـرارة مختلفتيـن، فـإن

---

(١٣) لانداو وآخـرون : المرجـع السـابق ، البنـد (٦٢) ، ص (٢٣١) . وأيضـا : نوربـيرت فينـر : السيبرنتيكا (ترجمة د. رمسيس شحاتة & د.اسحق ابراهيم حنا ، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة ، ١٩٧٢) ص ٥٩.

(14) See : Van Fraassen : OP. Cit , p.86, also : jacob, F.: The possible and the actual, university of Washington press, Seattle and London , 1982, p 52.

(١٥) إين نيكلسـون : "الزمان المتحول" ، فى كتاب : كولـن ولسـون ، جـون جرانـت : فكـرة الزمان عبر التاريخ (ترجمة فؤاد كامل ، مراجعة شوقى جلال ، سلسلة عالم المعرفة ، الكويت ، العدد ١٥٩ مارس ١٩٩٢) ص ٢٥٤.

الجسم الأكثر سخونة لابد وأن ينقل حرارته إلى الجسم الأقل سخونة. ولكن العملية العكسية، أى الإنتقال الذاتى المباشر للحرارة من الجسم الأقل سخونة إلى الجسم الأكثر سخونة، فلا يمكن أن تحدث أبدا (١٦).

كذلك الحال لو تركنا قدحا من الشاى المغلى فى غرفة مغلقة، حيث لابد وأن يستمر الإستنزاف الذاتى لحرارة القدح حتى تصل الغرفة بكافة انحاءها ومشتملاتها إلى درجة حرارة واحدة، أو إلى ما يعرف بحالة "الإتزان الحرارى thermal equilibrium" أما إستجماع هذه الحرارة من جو الغرفة وإرتدادها ذاتيا إلى القدح مرة أخرى فأمر مستحيل تماما (١٧).

وبهذا المعنى تكون جميع العمليات الحرارية التى تحدث فى الطبيعة عمليات لا إرتدادية. فلو استبدلنا الكون كله بالغرفة المغلقة، فسوف يصل الكون فى يوم ما إلى ما يُسمى بحالة "الموت الحرارى heat death"، حيث تكون كل اشكال الطاقة قد تحولت إلى حرارة وكل حرارة قد وزعت على الكون بالقسطاس. وهذا يعنى فى النهاية أنه ما من " شغل " سيكون مستطاعا(١٨) . وكيما يصف " كلاوزيوس"هذه الحالة ينحت كلمة "الأنتروبيا" *

(١٦) لاندو وأخرون ك المرجع السابق ، البند (٦٢) ص ص ٢٣١ -٣٢ .

(17) Lucas , : A Treatise on Time and Space , OP .Cit , p.52.

(18) Van Fraassen : OP .Cit. P.90.

وايضاً : ويلسون : الطاقة ، ص٩٥.

* "الأنتروبيا " كلمة من أصل إغريقى تعنى التغير . كان "كلاوزيوس" هو أول من إستخدمها كمقياس لحالة الفوضى التى تتجه إليها الجسيمات المادية فى نظام ما مغلق . ووفقا للقانون الثانى للثرموديناميكا ، فإن أنتروبيا النظام لابد وأن تميل دائما إلى الزيادة. على سبيل المثال ، لو كان لدينا قدراً من القهوة وقدراً من اللبن ، فهنا يكون لدينا درجة من النظام من حيث أن هذه القهوة وذلك اللبن كل منهما منفصل عن الآخر . فإذا صببنا الآن شيئا من كل منهما=

Entropy كمقياس لمستوى الطاقة فى الكون، والانتروبيا القصوى Higher entropy هى الإصطلاح الذى يقابل حالة الإتزان الحرارى، حيث تمسى كل الأشياء فى الكون عند درجة حرارة واحدة (١٩).

٨٤-وكان من الطبيعى أن تلقى تطورات الثرموديناميكا بظلالها على مشكلة الزمان. فمن ناحية، بدأ الشك يتطرق إلى البناء الزمانى المطلق الذى تصوره نيوتن كخط مستقيم متجانس، ينساب منذ الازل وإلى الأبد بسرعة متساوية. فلو كان هذا التصور صحيحا ، فمعنى هذا إستقلال التدفق الزمنى عن مجرى حوادث العالم دون بداية أو نهاية. ولكن ها هى الثرموديناميكا تنبؤنا بأن الكون مآله إلى فناء، وتؤكد على الترابط الوثيق بين الآنات الزمانية المتدفقة، وبين تصاعد الأنتروبيا الكونية التى تحملنا معها إلى نقطة اللا

على فنجان وحركنا المزيج فاننا نحصل على قهوة بيضاء . ولاسبيل إلى أن ينفصل هذا المزيج بغتة ليعود إلى مكونيه الاساسيين . وعلى هذا يمكن القول بأن أية عملية تتزايد فيها انتروبيا النظام تكون عملية لاإرتدادية وكلما كان تزايد الأنتروبيا كبيراً كلما كانت درجة اللاإرتدادية كبيرة، وذلك نظراً للحركة العشوائية اللامنتظمة واللامحكومة للجزيئات المادية اللامتناهية العدد ، والتى تستلزم حساب مواضعها المتغيرة بشكل عشوائى عدداً لاقبل لنا به من المعادلات. ولهذا السبب نقل الفيزيائى النمساوى "لودفيج بولتسمان".L Poltzmann (١٨٤٤-١٩٠٦) مفهوم الأنتروبيا إلى مجال الاحتمال الاحصائى ، حيث صارت زيادة الأنتروبيا تعنى إمكانية إنتقال النظام من حالة أقل إحتمالا إلى حالة أكثر إحتمالاً.

انظر: – إيفن نيكلسون : الزمان المتحول ،ص ص ٢٥٢-٥٣ .

– لانداو وآخرون : الفيزياء العامة ، البند (٦٥) ، ص ص ٢٣٩ – ٤٢.

See also , Van Fraassen :OP-Cit,pp 89-92 & Boltzmann,l: lectures on gas theory, trans by S.G.Bruch, University of california press,Berkeley, 1964, pp 446 FF.

(١٩) ويلسون :الطاقة ،ص ٥٩.

عودة . وهكذا عادت فكرة "ليبنتز" عن الزمان النسبى الإدراكى (ف ٣٧) لتطل برأسها من جديد، ولتمهد بذلك الطريق لظهور النسبية الفيزيائية لآينشتين مع بداية هذا القرن. ومن ناحية أخرى، لاحت فى الأفق بوادر إعتراضات فلسفية قوية على فكرة سريان الزمان ذاتها. إذ لو كان الزمان متدفقا، فمعنى هذا أنه يتحرك، ولو كان متحركا، فلابد وأن تقاس سرعته فى ضوء نوع من الزمان أكثر أساسية أو أن يكون البديل هو أن ينساب الزمان بالنسبة لنفسه وهذا باطل منطقيا[٢٠].

وكمخرج لهذه الأزمة حاول الفيزيائيون محاصرة المشكلة بنبذهم لفكرة إنسياب الزمان برمتها، وبإحلالهم لفكرة أن الزمان أو الصيرورات الزمانية "لاتماثلية" asymmetric[٢١]. الأمر الذى يدفع بالمشكلة إلى منعطف جديد ، ألاوهو البحث فى البنية التوبولوجية لمتصل الزمان* .ولنتوقف قليلا عند هذه النقطة.

إننا نعرف أن المكان "متماثل " فى كافة الاتجاهات ، أو لنقل بلغة الفيزياء أنه "موحد الخواص" .Isotropic فماذا إذن عن الزمان ؟ هل هو متماثل كالمكان ؟ أم أنه "متباين الخواص anisotropic" وفقا لعلاقة لا تماثلية** بين أناته ؟ . بعبارة اخرى ، هل للزمان البنية التوبولوجية التى للخط المستقيم ؟ وإذا كان كذلك فهل لهذا الخط إتجاه وحيد تفرضه علاقة

---

(٢٠) إيين نيكلسون :المرجع السابق، ص١٧٢.

(٢١) نفس المرجع ، ص ص ٢٥٠-٥١.

* حول معنى البنية التبولوجية راجع الفصل الثانى ، فقرة (٥٠).

** وحول معنى العلاقة اللاتماثلية ، أنظر الفصل الثانى ، فقرة (٦٨) .

ترتيب لا تماثلية بين نقاطه ،بحيث يبطل القول بإرتداد الحوادث الزمانية في عكس هذا الاتجاه ؟ (٢٢) .

الحق أننا لو نظرنا إلى ظواهر الكون الكبير، لوجدنا سهم الزمان يشير إلى اتجاه واحد فقط نحو المستقبل. تؤكد ذلك عمليات التطور البيئ و البيولوجي التي تبدو بلا رجعة. وتؤكده أيضا طبيعة العمليات الحرارية اللاإرتدادية التي أقرها القانون الثاني للثرموديناميكا(٢٣) . أما لو نظرنا إلى قوانين الفيزياء الميكانيكية - بما فيها قوانين النسبية والكم - فلن نستطيع أن نجد دليلا على طبيعة الزمان ذات الاتجاه الواحد. فأين الحقيقة إذن؟.

لاشك أننا سنواجه بعالم غريب لو أُتيح لنا مشاهدة الزمان منسابا إلى الوراء، فسوف ينكص الطاعنون في السن متجهين صوب الطفولة، والمباني المنهارة سوف ترتفع من التراب لتستأنف حالاتها الأصلية القديمة. وسوف تتلاقى الأمواج على حبات الحصى التي سوف تقفز في أيدي الناس الذين قذفوا بها ذات يوم إلى الماء ، وهلم جرا. وستكون الحياة أشبه بشريط سينيمائي يدور إلى الوراء . ولا توجد أية شواهد لتأييد إمكانية هذا الحدث، كما لا يوجد أي إحتمال على أن العمليات الزمانية يمكن أن ترتد بعكس إتجاهها(٢٤). لكن هناك إمكانية أخرى ، هي أن يكون الزمان مغلقا توبولوجيا، أي أن تكون البنية التوبولوجية له هي تلك التي للدائرة . ومعنى

---

(22) See Van Fraassen , OP. Cit , P60

(٢٣) إيين نبلكسون : المرجع السابق ، ص ص ٢٥١ -٥٢.

(٢٤) نفس المرجع ،ص ٢٥٥. وراجع أيضا الفصل الرابع من هذا البحث (ف ١٢٩-١٣٠)، حيث يقترب "رسل" من هذا المعنى بمصادرته عن الاتصال الزمكاني.

هذا أن يعود الكون بعد إتمام دورتـه الزمانيـة ليبـدأ دورة اخـرى جديـدة هـى تكرار لدورته القديمة(٢٥).

ورغم وجاهة هذه الفكرة ، إلا أنه لايوجد أيضـا أى دليـل فيزيـائى علـى صحتها ، وإنما هو مجرد فرض طُرح قديمـا ، ويُطـرح الآن، وربمـا يعـود إليه الإنسان يوماً ما فى المستقبل طالما ظل يفكر في طبيعة الزمان* .

٨٥- بقى أن نشير إلى نقطتين أخيرتين ترتبطـان بمبـدأ اللاإرتداديـة الزمانيـة ، وإن كانتا تؤديان إلى طريقين مختلفين تماما، تتحصـر النقطـة الأولـى فيمـا خلفه هذا المبدأ من أصداء فلسفية واسعة، ساهمت فى تدعيم بعـض الـرؤى الميتافيزيقية لمفهوم الاتصال حيث إندفع "برجسون" على سبيل المثال إلـى

---

(25) OP .Cit, P62.

* يذكرنا هذا الفـرض بنظريـة "التكـرار الأبـدى" Eternal recurrence التى لجأ إليهـا الإنسان فى مرحلة التفلسـف الأولى قبل "سقراط"، والتى تحمس لها الفيلسوف الألمانى "فريدريك نيتشـه" F.Nietzsche (١٨٤٤-١٩٠٠) فى أواخر القرن التاسع عشر . ومجمـل هـذه النظرية، أن الزمان ليس إلا دائرة مغلقة تتكرر عليها الحوادث دائما أبدا. ولما كان من المسـتحيل نظريا ترتيب النقاط على الدائرة وفقا لعلاقتى "قبل" و" بين" المستخدمين فى ترتيب النقـاط علـى الخط المستقيم، فقـد إنـبرى الرياضـى الإيطـالى "جيوفـانى فـايلاتى" G.Vailati لبحث هـذه المسألة، ونجح فى إقـرار علاقـة جديـدة للـترتيب الدائرى، عرفـت بعلاقـة "الانفصـال الزوجـى" Piar separation. وفحوى هذه العلاقة أنه اذا كانت ا، ب، ج، د أربع نقاط على الدائـرة وأردنا ترتيبها، فمن الممكن أن نقول أن الزوج (ا، ج) يفصـل بـين الـزوج (ب،د) ، تمامـا كمـا يفصل العددان (٣،٧) بين (٥، صفر) أو بين(٥، مالانهاية) . وقد وضع "فايلاتى" خمس بديهيات رأى أنها كافية لتكوين المتسلسلات من علاقة الإنفصال الزوجى الرباعية الحدود .

See For more detail :Op, Cit , pp66 FF .also Danto,A:Nietzsche as philosopher, macmillan,N.Y 1965 , pp 205-209.

وأيضا رسل : أصول الرياضيات ، ح٣ ، ص ص ١٦، ١٧ .

تأكيد الفرق بين "زمان " الفيزياء القابل للإرتداد الذى لايستجد فيه جديد، والزمان الحيوى التطورى غير القابل للإرتداد الذى يكون فيه ثمة جديد دائما [٢٦]. وبهذه الرؤية يحصر "برجسون" حقيقة الاتصال في إطار فكر حدسى ميتافيزيقى لاسبيل إلى بلوغه بالنهج العلمى الميكانيكى (ف ٩).

أما النقطة الثانية فعلى خلاف الأولى تؤكد مفهوم الاتصال بالمعنى العلمى الرياضى الذى هاجمه "برجسون"بشدة . فعلى الرغم من أن اللاإرتدادية الزمانية تتسم فى جوهرها بطابع إحصائى، تفرضه الحركة العشوائية لجزيئات النظام اللامتناهية العدد، إلا أنها توصف " ثرموديناميكيا " وفق "متصل من الاحتمالات" continuum of probabilities لحركة الجزيئات ككل ، وذلك بدلا من قيمتى الصدق المنفصلتين (صادق وكاذب) اللتين إستخدمهما "نيوتن" فى وصف حركة كل جزيئ على حدة [٢٧].

وتفصيل ذلك أنه بينما كانت الميكانيكا التقليدية تتعامل مع نقاط مادية مفردة، يمكننا نظريا تحديد مواضعها الابتدائية و الوسيطة والنهائية بدقة كافية، ووصف اتصالها بالمعنى الهندسى او الدالى الذى قال به "نيوتن" (ف ٣٨)، فإن الثرموديناميكا على العكس من ذلك ، تتعامل مع حشد من النقاط ذات الحركة العشوائية اللا منتظمة . ولذا تلجأ إلى تعميم قيم الصدق النيوتينية داخل صف متصل من قيم الاحتمال، لا بالمعنى المكانى الذى تصوره "نيوتن" ، ولكن بالمعنى التحليلى المجرد الذى قال به كل من "ديديكند" و"كانتور".[٢٨] (ف٦٠،٦٩).

---

(٢٦) نوبيرت فينر: السيبر نتيكا ، ص ٦٦.

(27) Lucas: A Treatise on time and Space, op. Cit, p. 258 , Lucas: Space, Time , and causality ,p188.

(28) Lucas : A Treatise . . . , p259.

ب- طبيعة الضوء . The nature of light

٨٦- يُمثل البحث فى طبيعة الضوء بُعداً آخر من أبعاد التمرد على ما يمكن أن نسميه بمحدودية النسق النيوتونى إزاء الحقائق التجريبية. كما يُمثل أيضا مدخلا لعبور الفيزياء إلى عالمى النسبية والكم مع بداية القرن العشرين.

ولكى نفهم هذا التمرد لابد وأن نعود إلى الوراء قليلا. وبالتحديد إلى النصف الثانى من القرن السابع عشر، حيث كانت هناك نظريتان متنافرتان تصفان طبيعة الضوء، وإن كانت كل منهما تفترض الصلاحية العامة للميكانيكا التقليدية لتطبيقها على جميع ظواهر الحركة الضوئية (٢٩).

تصور نيوتن خلال النظرية الاولى أن الضوء يتكون من أعداد لانهائية من جسيمات particles دقيقة تقذفها الاجسام المضيئة فى كل إتجاه كشظايا قنبلة دائمة الانفجار(٣٠). هذه الجسيمات -كما هو متوقع من حركتها - تنتشر فى خطوط مستقيمة، وتخضع تماما لقوانين الميكانيكا النيوتونية . وتلك هى النظرية الجسيمية Corpuscular theory للضوء التى نشرها نيوتن لأول مرة عام ١٦٧٠ فى إحدى المجلات العلمية ثمّ فصلها عام ١٧٠٤ فى كتابه الشهير "البصريات" optics(٣١) .

أما النظرية الثانية، وتعرف بالنظرية الموجية undulatary (Wave) theory، فقد تحمس لها الفيزيائى الهولندى " كريستيان هايجنز" C. Huygens (١٦٢٩-١٦٩٥) الذى أعلن عام ١٦٧٨ فى محاضرة أمام

---

(٢٩) فيليب فرانك : فلسفة العلم، مرجع سابق ، ص ١٦٦ .

(٣٠) بانيش هوفمان: قصة الكم المثيرة (ترجمة د. أحمد مستجير ، المؤسسة المصرية العامة للتأليف و النشر ، القاهرة ، بدون تاريخ) ص٨.

(٣١) د. محمد على العمر : مسيرة الفيزياء ، مرجع سابق ، ص ٤١ .

الجمعية العلمية الفرنسية، أن قوام الضوء "موجات مرنة" Elastic Waves مماثلة لتلك التى يحملها الهواء من مصدر الصوت لتسبب الإحساس بالسمع. ولما كان الضوء ، بعكس الصوت، يمكنه الإنتشار فى الفراغ Vaccum، فضلا عن سرعته الرهيبة - المتناهية - (٣٠٠,٠٠٠ كم/ث = ٣×١٠^١٠ سم/ث)* ، والتى تبلغ سرعة الصوت بالقياس إليها حوالى جزء من المليون(٣٢). فقد إفترض "هايجنز" أن الحيز الكونى يمتلئ بوسط رقيق مرن ،هو "الأثير"، وظيفته حمل الموجات الضوئية الفائقة السرعة، وأن هذا الوسط يخضع أيضا لقوانين الميكانيكا النيوتونية (٣٣).

٨٧- ولم يكن غريبا أن يرفض "نيوتن" هذه النظرية، وأن يتمسك بالبناء الجسيمى النقطى للضوء. فالنقاط المادية هى عصب النهج الميكانيكى العام

---

* كانت أول محاولة تجريبية لقياس سرعة إنتشار الضوء هى تلك التى قام بها "جاليليو" عام ١٦٠٧، حين حاول قياس الفترة الزمنية المنقضية بين إرسال شعاع من الضوء إلى نقطة ما ، وإستقبال شعاع آخر ينطلق من نفس النقطة بمجرد وصول الشعاع الأول إليها. وعلى الرغم من أن محاولته لم تسفر عن نتيجة إيجابية، إلا أن اكتشافه لأقمار كوكب المشترى Jupiter أدى إلى توفير الأساس الذى اعتمدت عليه المحاولة التالية التى قام بها الفلكى الدانمركى "رومر" Roemer (١٦٤٤-١٧١٠) ففى عام ١٦٧٦ توصل "رومر" بملاحظته لخسوف أقمار المشترى إلى أن سرعة الضوء تساوى تقريبا ٢١٥,٠٠٠ كم/ث . ثم توالت بعد ذلك محاولات التأكد من هذه القيمة حتى وصلت الآن إلى ٢٩٩٧٩٢,٩ كم/ث، وتلك هى سرعة الضوء الحقيقية على وجه الدقة ، وإن كنا نقول مجازا أنها ٣٠٠,٠٠٠ كم/ث.

See : Text book of elementary physics, Vol (3), pp . 297-300.

(32) Textbook, vol (3) , p 154 .

(٣٣) فيليب فرانك : المرجع السابق ، ص ١٦٦ .

الذي إتبعه في وصف الحوادث الفيزيائية . بل إنها فى رأيه هى الممثل الوحيد للواقع بقدر ما يستطيع هذا الواقع التغيير[٣٤].

وإستنادا إلى ما سبق ، بالإضافة إلى ظاهرة "الظل" التى تنفى القول بطبيعة موجية للضوء ، راح نيوتن يثبت ان النظرية الجسيمية تفسر الوقائع البصرية المعروفة آنذاك ، كإنتقال الضوء فى خطوط مستقيمة ، وإنعكاسه فى المرائى، وانكساره فى الاجسام البللورية[٣٥].

لكنه فشل رغم ذلك فى الإجابة عن التساؤل الخاص بمصير تلك النقاط الضوئية اذا ما حدث إمتصاص للضوء . كما بدا من غير المعقول أن نسلم بوجود نقاط مادية من أنواع جد مختلفة ، كان ينبغى فرض وجودها لكى تقوم بتمثيل المادة ذات الوزن من ناحية ، والضوء من ناحية اخرى [٣٦].

أما "هايجنز" فقد كان من الشجاعة بحيث إستطاع أن يواجه "نيوتن" بفرض مختلف تماما ، رأى أنه يقدم تفسيرا أفضل لظاهرتى الإنعكاس والإنكسار* ، وإن كان يستلزم بعض الوقت لتفسير ظاهرة الظل التى تؤكد

---

(٣٤) آينشتين : أفكار وآراء ، ص ٥٤.

(٣٥) محمود أمين العالم : فلسفة المصادفة ، ص ٢٧١.

(٣٦) آنيشتين : المرجع السابق ، ص ٥٥.

* الإنعكاس reflection هو تغيير الشعاع الضوئى لإتجاهه فى وسط ما عندما يصطدم بسطح وسط آخر . أما الإنكسار refraction فهو تغيير الشعاع الضوئى لإتجاهه عندما ينفذ خلال سطح يفصل الوسط الأصلى له عن وسط آخر . (معجم الفيزيقا الحديثة ، جـ٢ ، مادتى "الإنعكاس" و "الإنكسار" ، ص ٢٦٢ ، ص ٢٦٣.) وقد فسر نيوتن ظاهرة الإنعكاس بأن أضفى على الجسيمات الضوئية صفة ذبذبة غريبة لاتتسم بها جسيمات المادة ذات الوزن ، فجعلها شبيهة فى حركتها ، لابطلقات الرصاص ، ولكن بالتحليق النابض للطيور . ومن الواضح أن نيوتن=

انطلاق الشعاع الضوئى فى خط مستقيم ، وعدم إنحرافه عند الزوايا كما هو متوقع من سلوك الموجات .

ويقضى الفرض الذى عُرف فيما بعد بـ "مبدأ هايجنز" Huygens' principle بأن الأشعة الضوئية ما هى إلا "ذبذبات" Oscillations فى الأثير. يمكنها الإنتشار فى صورة موجات كروية Spherical أو مستوية Plane تبعا للشكل الذى يتخذه "صدر- أو سطح-الموجة" Wave-front فى كل لحظة. ويمكن إعتبار كل نقطة فى هذا الصدركمصدر فرعى ينشر الموجات الثانوية (مويجات) Wavelets فى كل إتجاه بالسرعة المميزة للوسط (أى للأثير). وبتجميع هذه المويجات نحصل على الصدر الجديد للموجة. وهكذا ينتقل صدر الموجة متخذا شكلا جديدا فى كل موضع وفى كل لحظة (٣٧).

وعلى الرغم من أن النظرية الموجية كان لها من يُناصرها حتى فى عصر"نيوتن"، فضلا عن إقتناع "نيوتن" نفسه بأن ظاهرة التحلل الطيفى لشعاع الضوء حال نفاذه من منشور زجاجى، تؤيد النظرية الموجية، إلا أن عدم إقتناعه بفكرة الأثير كان عاملا هاما من عوامل سيادة النظرية الجسيمية

=يكاد يقترب بهذا التفسير من النظرية الموجية ، وإن ظل يرفضها بشدة تجنبا للقول بفكرة الأثير . أما الإنكسار فقد فسره نيوتن باختلاف التأثير على الجسيمات فى وسط عن الآخر . بينما أعطاه هايجنز تفسيرا أدق ينحصر فى إختلاف سرعة الموجات الضوئية بين الوسطين .

See : Textbook , Vol (3), pp 269 - 71.

وأيضا : هوفمان : قصة الكم المثيرة ، ص ص ٩-١٠.

(37) Text book , vol (3) , pp 268 - 69.

لما يقرب من قرنين من الزمان[٣٨]. وكـان لابـد من إنتظـار تجربـة حاسـمة تتكفل بتصفية إحدى النظريتين وتأييد الأخرى.

٨٨- ومع بداية القرن التاسع عشر، بُعثت النظرية الموجية من جديد بفضـل أعمـال الفيزيـائى الإنجليزى "تومـاس يونـج" T.Young (١٧٤١-١٨٢٠) الذى قدم تفسيرا وافيا لظاهرة "التداخل" Interference الضوئى يدعم القـول بالموجـات. وكـان "هـايجنز" قد بنـى رفضـه لنظريـة نيوتن علـى حقيقـة أن الجسيمات لابد وأن ترتطم ببعضها البعض إذا ما إلتقى شعاعان من الضـوء، أو مر أحدهما خلال الآخر، الأمـر الذى تنفيـه الشـواهد التجريبيـة [٣٩]. ولـم يستطع "هايجنز" تقديم التفسير النظرى لهذه الظاهرة ، حتى أثبـت يونـج عـام ١٨٠١ تطابق حركة الموجات الضوئية وحركة موجات الماء، ذلك أن إلتقـاء سلسلتين من الموجات، بحيث تتفق ذُرى إحداهما مع ذُرى الاخـرى ، يـؤدى إلى تكوين سلسلة من الذُرى أشد إرتفاعا. أما لو إلتقت ذُرى إحداهما بقواعـد الأخرى، فسوف تمتلئ القواعد عن آخرها بالذُرى القادمة، لتُنتـج فـى النهايـة سلسلة مستوية من الموجات[٤٠]. وهكذا فالتداخل أمر تقتضيه طبيعـة الضـوء من حيث هو حركة موجية، لا من حيث هـو جسيمات منطلقـة كمـا افـترض "نيوتن" .

---

(٣٨) أنظر : آينشتين : المرجع السابق، ص ١٠٢ ، وأيضا :

- د. محمد على العمر : مسيرة الفيزياء ، ص ٤١.

- كولنجوود : فكرة الطبيعة (ترجمة د. أحمد حمدى محمود، مراجعة د. توفيق الطويـل ، الهيئة العامة للكتب والأجهزة العلمية ، القاهرة ، ١٩٦٨) ص ص ١٧١-٧٢.

(٣٩) هوفمان : المرجع السابق ، ص ١٠.

(٤٠) محمود أمين العالم : فلسفة المصادفة ، ص ٢٧٢.

ومن ناحية أخرى ، تمكن الفيزيائى الفرنسى "اوغسطين فرينيل" A. Fresnel(١٧٨٨-١٨٢٧) من تفسير ظاهرة الظل التى تذرع بها "نيوتن" فى قوله بالجسيمات ، فأوضح أن موجات الضوء هى مجرد تماوج لا تزيد المسافة فيه بين قمتى موجتين متتاليتين على ١/٥٠,٠٠٠ من البوصة أو نحو ذلك، وعندما يسير شعاع موجى بهذا الطول فإنه لايعانى كثيرا من الإنحراف أو التباعد أو الحيود Diffraction أما إذاكانت الموجة طويلة، فإن الشعاع يتوزع بسرعة وينحرف عند الزوايا كما يفعل الصوت(٤١).

ولم يمض وقت طويل بعد وفاة "فرينيل" حتى إستطاع الفيزيائى الفرنسى "ليون فوكوه" L. Foucault (١٨١٩-١٨٦٨) إجراء التجربة الحاسمة المنتظرة للفصل بين النظريتين، مستندا فى ذلك إلى الخلاف الكمى الوحيد بينهما، ألا وهو مقدار سرعة إنتشار الضوء خلال الماء. فطبقا للنظرية الجسيمية، ينتقل الضوء خلال الماء بسرعة أكبر من سرعة إنتقاله خلال الهواء (بسبب زيادة التجاذب المتبادل بين الجسيمات فى الوسط الأكثر كثافة) أما النظرية الموجية فتقضى بأن سرعة إنتقال الضوء فى الماء أقل منها فى الهواء. وأثبت "فوكوه" بتجربته الحاسمة أن الضوء ينتقل فى الماء بسرعة أقل من سرعة إنتقاله فى الهواء، بل وبنفس القدر الذى قالت به نظرية الموجات(٤٢).

وهكذا شهد منتصف القرن التاسع عشر (١٨٥٠) أفول نجم النظرية الموجية للضوء (مؤقتا)، وبزوغ نجم جديد فى أفق الفيزياء، يرسل أشعته وفقا لقوانين الميكانيكا التقليدية، ولكنها فى النهاية أشعة من طبيعة موجية.

---

(٤١) د. محمد على العمر : المرجع السابق ، ص ٤٨.

(٤٢) فيليب فرانك : فلسفة العلم ، ص ١٦٦.

ونخلص من ذلك إلـى نتيجة هامـة. تتمثل فـى تـأكيد النظريـة الموجيـة لإتصـال الحركات الضوئية فى الزمان وعبر المكـان. وهو بـلا شك إتصـال مختلف عن ذى قبل، ولكنه مع ذلك لايحمل معه تغيير" يُذكر فـى الأسس الميكانيكية للفيزياء. فكما رأينـا، لم يكن الخـلاف بين النظريتين- الموجيـة والجسيمية -خلافا كميا، اللهم إلا فى نقطة واحدة لا تؤدى إلى زعزعة يقين القوانين النيوتونية. وانما كان خلافا كيفيـا، منشأه تصـور كل فريق لطبيعـة المتصل الضوئى . فبينما هو عند "نيوتن" وأتباعه متصـلا من الجسيمات المنطلقة فى خط مستقيم، يراه "هايجنز" ومؤيديه متصل من الموجات، أو من ذبذبات الأثير. وسوف نرى كيف أدى هذا التصور الأخير إلى نشأة مفهوم "المجال" Field الذى وجد فيه الفيزيائيون حلا مقنعا لمشكلة الاتصال الكونـى، تلك التى وقف نيوتن أمام غموضها حائرا، فعبر عنها بمصطلـح أشـد غموضا، هو "التأثير عن بُعد" Action at a distance .

جـ- المجال الكهرومغناطيسي Electromagnetic field .

٨٩- على الرغم مما أحرزته النظرية الموجية من نجاح وما توافر لها من أدلة وشواهد دامغة، إلا أنها لم تكن هـى الكلمـة الأخيرة للعلم بشأن طبيعة الضوء. وعلينا أن نتذكر أننا مازلنا فى رحاب الميكانيكا الكلاسيكية. ولم نتطرق بعد إلى التطورات العلمية فـى القرن العشرين، بكل ما تحمله من توسعات نظرية، وما تحققه من إنجازات عملية. ولو أردنا وصفا دقيقا لموقع النظرية الموجية فى تاريخ العلم، لقلنا - بلغة الفيلسوف والفيزيائى الأمريكى "تومـاس كون" T.Khum (١٩٢٢-   ) أنها كـانت تمثل نموذجـاً إرشاديا لفيزيـاء البصريـات وما يرتبط بها خلال النصف الثانى من القـرن

التاسع عشر[٤٣] . بمعنى أن معظم ما شهدته تلك الحقبة من بحوث فيزيائية ، إنما كان إمتدادا لهذه النظرية وتطويراً لها .

ولعل اهم هذه البحوث هو ما قدمه الفيزيائى الإنجليزى "ميشيل فاراداى" M.Faraday (١٧٩١-١٨٦٧) ونظيره الإسكتلندى "جيمس كليرك ماكسويل" J.k.Maxwell (١٨٣١-١٨٧٩) فى ميدانى الكهرباء والمغناطيسية .

كان إهتمام "فاراداى" منصبا على توصيف العلاقة بين الظواهر الكهربائية والمغناطيسية وتأثيراتها المتبادلة* . ومن خلال تجاربه الرائدة فى هذا الميدان ، أدرك "فاراداى" قصور القانون العام لنيوتن فى الجاذبية (ف

---

(٤٣) توماس كون : بنية الثورات العلمية ، مرجع سابق ، ص ٤٣.

* من المعروف أن الشحنات الكهربائية الساكنة تؤثر على بعضها البعض بقوة تسمى بالقوى الكهروستاتيكية electrostatic forces. فإذا تحركت هذه الشحنات بالنسبة لبعضها ، نشأ بسبب حركتها قوى اضافية تعرف بالقوى المغناطيسية magnetic forces وأبسط مثال لهذه الأخيرة ، تلك القوة التجاذبية - أو التنافرية - التى تنشأ بين سلكين يمر بهما تيار كهربائى. وكان الفزيائى الدانمركى "كريستيان أورستيد " C. Oersted (١٧٧٧-١٨٥١) هو أول من اكتشف العلاقة المتبادلة بين الظواهر الكهربائية والمغناطيسية ، حين لاحظ عام ١٨١٩ أن الإبرة المغناطيسية تنحرف إذا قرب منها سلك يحمل تياراً كهربائياً . وفى عام ١٨٣١ وجد " فاراداى " أن تياراً كهربائيا لحظيا ينشأ فى دائرة كهربائية عند توصيل أو قطع التيار فى دائرة اخرى مجاورة لها . وتلى ذلك إكتشاف أن هذا التيار اللحظى ينشأ ايضا عند تقريب أو إبعاد مغناطيس من الدائرة ، فيما عُرف بظاهرة " الحث الكهرومغناطيسى" electro magnetic induction . ومن الثابت الآن ان جميع الظواهر المغناطيسية تنشأ عن القوى الموجودة بين الشحنات الكهربائية المتحركة .

See Textbook , vol (2) ,pp 231-232, . pp 288 FF.
See for more det ail: Purcell , E.M : Electricity and Magnetism, Berkeley ,physics course 2,N.y,1965.

٣٣) عن تفسير طبيعة الاتصال التجاذبى بين النقاط المادية. إن هذا القانون يتيح لنا تحديد "مقدار" القوة المؤثرة بين جسمين متجاذبين - أو متنافرين - كالأرض والقمر ولكنه لا يخبرنا بشئ عن ماهية هذه القوة، ولا عن كيفية عملها خلال الفضاء الممتد الذى يبدو خاليا. فكيف يمكن للقمر أن يحرك مياه المحيطات بدون سلسلة من الاتصالات المستمرة بين القمر والارض على هيئة حزمة من الخيوط أو المطاطات ، أو بدون سائل ينقل الضغط او التوتر المستمر ؟ أليس من حقنا أن نتساءل : ما الذى يقوم فى الحقيقة بدور الخيوط والمطاطات او السوائل ؟؟ (٤٤).

وللإجابة عن هذا التساؤل إقترح "فاراداى" وجود "هالة لا مرئية" invisible halo من التأثيرات الناجمة عن المادة ، والممتدة خلال المكان بين الأجسام المختلفة (٤٥). هذه الهالة من التأثيرات ، يمكن الاقتناع بوجودها إذا تصورنا المغناطيس أو الشحنة الكهربائية المتحركة، كأخطبوط ضخم له زوائد عديدة يرسلها فى كل الاتجاهات. وعن طريق هذه الزوائد التى أطلق عليها "فاراداى" إسم "خطوط القوى" Lines of force يستطيع الجسم المادى أن يقوم بعملية الجذب والتنافر (٤٦) .

وهكذا أصبح الفضاء المحيط بالمادة ، فى نظر "فاراداى" ، على درجة كبيرة من التعقيد ، إذ يحتوى على عدد كبير من الخطوط المنحنية التى تساعدنا فى النهاية على فهم التفاعل والاتصال بين النقاط المادية المتباعدة ، أو المنفصلة على مستوى الرؤية العادية.

---

(٤٤) جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٥٩.

Also Lucas : Space , Time and Causality , P. 176.

(45) Davies , P. : Super force , OP. Cit, P60.

(٤٦) هوفمان : قصة الكم المثيرة ،ص ص ١١-١٢ .

٩٠- وربما كان الخروج من مأزق "التأثير عن بعد"، عن طريق نظرية "خطوط القوة" لفاراداى، هو أعمق تطور شهدته الفيزياء منذ أيام "نيوتن". ولكنه مع ذلك كان ينقصه التحديد الرياضى اللازم لأية نظرية فيزيائية. ولم يكن القيام بهذا العمل أمراً سهلاً، إلا أنه وجد طريقه إلى التحقق حين وجه "ماكسويل" إهتمامه الشديد لآراء فاراداى. فصاغ هذه الآراء فى أربع معادلات تفاضلية جزئية*، تصف سلوك القوى الكهربائية والمغناطيسية الناجمة عن الشحنات والتيارات الموجودة فى النظام الفيزيائى فى جميع الظروف المقبولة تقريبا(٤٧).

وبهذا الإنجاز الذى يُعد تتويجا لجهود "فاراداى"، عرفت الفيزياء واحداً من أهم المفاهيم النظرية عبر تاريخها، ألا وهو مفهوم "المجال"، الذى أصبح يشكل الأساس لكافة النظريات الفيزيائية، بدءً من نظريات الكهرومغناطيسية، وحتى نظرية النسبية العامة لأينشتين(٤٨).

ويمكن تعريف المجال بصفة عامة بأنه "الشكل الرياضى الأكثر نقاءً لخطوط القوة التى إقترحها "فاراداى". فبدلا من الفرض بأن الفضاء يمتلئ

---

* تختص معادلات " ماكسويل " كما هو واضح بالتعبير عن الحركة المتصلة للقوى الكهربائية والمغناطيسية عبر الفضاء الخالى . ولذا تسمى بالمعادلات التفاضلية الجزئية ، تمييزاً لها عن المعادلات التفاضلية الكلية التى وضعها " نيوتن "للتعبير عن حركة النقاط المادية . وقد كان هذا النظام المذدوج من المعادلات هو الثمن الذى لابد للفزياء ان تدفعه إذا ما أرادت فهم الاتصال عبر الفضاء دون أن تعود لمفهوم " التأثير عن بعد " الذى إستخدمه " نيوتن " انظر : آينشتين : أفكار وآراء ، ص ٥٥، ص ص ٨٥-٨٧ .

(٤٧) د. محمد على العمر : " مسيرة الفيزياء . . . " ، ص ٥٩ .

(48) Lucas :OP. Cit , P 178.

بأعداد لاحصر لها من الزوائد المنفصلة، علينا أن نتصور أنها قد إنصهرت جميعا فى كتلة واحدة منتشرة هى المجال الكهرومغناطيسى(٤٩).

يقول الفيزيائى الأمريكى "ريتشارد فاينمان" R. Feynman (١٩١٨-؟): "المجال الحقيقى هو دالة رياضية نستخدمها لتجنب فكرة التأثير عن بعد"(٥٠).

وعلى هذا، فلو كان المكان كيانا أساسيا مُمتلئا كما أخبرنا "ديكارت" (ف ٣٠)، فإن المجال هو وسيلة بها نعرف شيئا ما هاما عنه. إنه يُعين لكل نقطة فى المكان عددا حقيقياً: قد يكون "لامتجهاً" Scalar، أو "متجهاً" Vector، أو "كمية ممتدة" Tensor *. وهكذا يخبرنا "المجال" بشئ ما عن المكان ككل، رُبما يكون شيئاً معقداً، ولكنه فى النهاية يُشبع شرط الاتصال، وما يستتبعه من مفاهيم، ولعل أهمها مفهوم السببية(٥١).

٩١- ورغم قوة الجانب الكمى لنظرية المجال، إلا أن جانبها الأنطولوجى بدا ضعيفا. فالمجالات -كما تصفها معادلات ماكسويل- ماهى إلا كيانات رياضية مجردة، تستعصى على الخبرة الحسية المباشرة. وبالتالى فهى عُرضة لنفس الإعتراضات التى وجهها "باركلى" لأولئك الذين إعتقدوا بوجود اللامتناهى فى الصغر (ف ٣٩).

---

(٤٩) هوفمان : المرجع السابق ، ص١٢.

(50)Robert. B.Leighton & Matthew Sands (ed): Feynman lectures, Addison - Wesley, Mass , 1963, Vol (II) ,15 .4 , quoted by Lucas: OP . Cit , p178.

* "اللا متجه" هو إسم أو وصف لأية كمية فيزيائية تتعين بمقدارها فقط دون الإتجاه. أما "المتجه" فهو كمية تتعين بمقدارها وإتجاهها معاً. وأما الكميات الممتدة فهى تعميم أبعد للمتجهات. أنظر: معجم الفيزيقا الحديثة ، جـ ٢، مادة "لامتجه" ، ص ٢٧٥ & مادة "المتجه" ص ٣٣٤.
also : Textbook , Vol (1) ,pp 55 FF.

(51) Loc . Cit .

لكن هذه العقبة لم تكن لتثنى "ماكسويل" عن مواصلة الطريق. فمضى يُطور النتائج الرياضية التى حصل عليها ويُوسع من نطاقها، حتى وصل فى النهاية إلى أن معادلاته تؤدى -من بين الحلول المتعددة- إلى حل موجى، أى إلى وضع تنتشر فيه المجالات على شكل موجات كهرومغناطيسية خلال الأثير(٥٢).

كما تنبأ "ماكسويل" عام ١٨٦٤ بأن موجاته المقترحة لابد وأن تنتقل خلال الأثيربسرعة الضوء. بل إن الضوء نفسه، بألوانه الطيفية المختلفة هو شكل من أشكال هذه الموجات التى تتباين فقط وفقا لأطوالها وتردداتها. فإذا كان الضوء ذا تردد منخفض، فسوف يُطابق اللون الأحمر، وكلما إزداد التردد تحول الضوء تدريجيا إلى اللون البرتقالى فالأصفر. وهكذا حتى اللون البنفسجى، وهو آخر ألوان الطيف المرئية. أما إذا إرتفع التردد فوق ذلك، فسوف نصل إلى الضوء اللامرئى المسمى بالأشعة فوق البنفسجية، ثم إلى الأشعة السينية*، ثم إلى أشعة "جاما" التى تنتج عن الراديوم والمواد المشعة الأخرى، وإلى بعض مكونات الأشعة الكونية. وإذا ما انخفض التردد عن موجة الضوء الأحمر، فسوف نقابل الأشعة تحت الحمراء، وأشعة الحرارة، ثم نصل أخيرا إلى أشعة "الراديو" المعروفة بالموجات اللاسلكية(٥٣). ولم يعش "ماكسويل" ليرى تنبؤاته وقد تحققت. ففى

---

(٥٢) د. محمد على العمر : المرجع السابق ، ص ٥٩.

* الأشعة السينية (أو أشعة إكس X rays) : إكتشفها الفيزيائى الألمانى " فيلهلم رونتجن" W Roentgen" . (١٨٤٥-١٩٢٣) عام ١٨٩٥، وهى من نفس طبيعة الضوء المرئى ، وإن كان طول موجتها أقل كثيراً. (معجم الفيزيقا الحديثة ، مادة "الأشعة السينية " جـ٢ ، ص ٣٤٥).

(٥٣) هوفمان: قصة الكم المثيرة، ص١٤.

عـام ١٨٨٧، تمكـن الفيزيائى الألمانى "هاينريخ هيرتز" H. Hertz(١٨٥٧ – ١٨٩٤) من توليـد الموجـات اللاسلكيـة فى المعمـل بواسطـة دائـرة كهربائيـة، وإستقبالها بدائـرة أخرى تبعـد عنهـا، ليؤكـد بذلـك صـدق توقعـات ماكسويـل، وصـواب إستنتاجاته الرياضية(٥٤). وهكذا أصبح علم البصريات فرعا من فروع الكهرومغناطيسية. وغدا المجال جزء أساسيا من أجزاء الواقع الموضوعى للفيزياء، ينازع الجسيمات فى أولية الوجود* . أما "الأثير" فقد بقى فرضا ميكانيكيا غامضا، يلعب دورا مستترا فى إرضاء الضمير العلمى لفيزياء القرن التاسع عشر.

ثانيا : النسبية وإتصال الظواهر الفيزيائية :

٩٢- كان هدفنا من تتبع مراحل التطور الفيزيائى خلال القرن التاسع عشر هو أن نوضح مدى ثبات فكرة الإتصال كنتيجة مؤكدة لكافة البحوث القائمة على الرؤى النيوتونية للعالم الفيزيائى. ونصل الآن إلى الشطر الأول من أهم

---

(54)Textbook, Vol(3) , pp 123 F.

* من المعروف ان "آينشتين" كان من أشد المناصرين لمفهوم المجال فى مقابل مفهوم الجسيم، حيث بذل خلال النصف الثانى من حياته جهدا كبيرا أملا فى وضع نظرية عامة تربط بين المجالين: الكهرومغناطيسى والجاذبى، ويكون المجال فيها أوليا مقابل الجسيمات المادية، لكنه لم ينجح فى مسعاه. كذلك كان حال "هايزنبرج" الذى سعى فى الإتجاه المضاد مناصرا للجسيم، لكنه لم ينجح أيضا ومازالت الجهود تبذل حتى يومنا هذا لتحقيق هذا الهدف : هدف التخلص من ثنائية "الموجة–الجسيم" . راجع الجزء الأخير من هذا الفصل .

and see for more detail : Lucas, OP-Cit, PP 180-83& Graves, J. C.: The conceptual foundations of contemporary relativity theory, Cambridge, Mass, 1971, ch8.

وأيضا : آينشتين : أفكار وآراء، ص ص ١٨-٢٤.

إنجازات الفيزياء خلال القرن العشرين، أعنى نظرية النسبية (بشقيها الخاص والعام).

وأول ما يلفت النظر بصدد هذه النظرية، أنها وإن كانت قد استحدثت من المفاهيم مالم تتعارف عليه الميكانيكا التقليدية والكلاسيكية، إلا أنها لم تخرج عن التوجه العام للفيزياء -قديمها وحديثها- بشأن فكرة الإتصال، بل جاءت -كما سنرى- تدعيما لهذه الفكرة، وترسيخا لما يرتبط بها من مبادئ وفروض علمية وفلسفية. هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى، رغم ما تتسم به النظرية من طابع رياضى واستنتاجى، إلا أن استنتاجاتها لم تولد من فراغ، وإنما سبقتها محاولات أخرى نظرية وتجريبية. منها على الجانب النظرى هندسة "ريمان" الكروية (ف ٤٧) ونظرية المجال لماكسويل، أما على الجانب التجريبى، فأمامنا تجربة الأثير، المعروفة بتجربة "ميكلسون - مورلى". ورغم إنتماء التجربة لتراث النصف الثانى من القرن التاسع عشر، إلا أن التطور الطبيعى لمولد النسبية يجعلها أشد إتصاقا بفيزياء القرن العشرين.

أ- تجربة ميكلسون - مورلى.

Michelson-Morley experiment.

٩٣- حين وضع ماكسويل نظريته عن المجال، كان وجود الأثير بالنسبة له أمراً مسلماً به. فهو فى رأيه ذلك الناقل، أو تلك البيئة الوسيطة، التى تنتقل خلالها الطاقة الإشعاعية، والتى تهتز عبرها الموجات الكهرومغناطيسية، تماما كما أن الهواء ناقل للموجات الصوتية.

وفى غضون ذلك، إفترض الفيزيائيون أن الأثير يمكن أن يُفسر بأنه المكان المطلق الذى ذهب إليه نيوتن. فلو كان الأثير ساكناً، ويملأ المكان كله، فيبدو من المعقول إذن أن يؤخذ الأثير على أنه المعيار المطلق للسكون فى الكون. وإذا كان الضوء ينتقل بسرعة ثابتة خلال هذا الوسط، فإنه من الممكن إجراء التجارب لإثبات السرعة التى تتحرك بها الأرض خلال الأثير. وبذلك نبرهن على الحركة المطلقة للأرض، ونثبت فى الوقت ذاته وجود الأثير (٥٥).

ولم يلبث هذا الإفتراض أن وضع موضع التنفيذ أو التفنيد عام ١٨٨١ حين إبتكر الفيزيائى الأمريكى "آلبرت ميكلسون" A. Michelson (١٨٥٢-١٩٣١) جهازا حساسا لهذا الغرض، يعُرف الآن بـ "مقياس التداخل" Interferometer. وبمزيد من الدقة والتعقيد، أعاد ميكلسون تجربته الشهيرة عام ١٨٨٧ بالإشتراك مع صديقه "إدوارد مورلى" E. Morley (١٨٣٨-١٩٢٣) ليفصلا بذلك القول فى فرض الأثير والحركة المطلقة (٥٦).

٩٤ - كان من رأى "ميكلسون ومورلى" أنه إذا كانت الأرض تتحرك خلال الأثير، فإن شعاعامن الضوء مرسلا بإتجاه حركة الأرض -أى ضد إتجاه الرياح الأثيرية التى يُفترض أن تنتج عن هذه الحركة- ثم مُرتداً إلى نقطة البداية، لابد وأن يصل متأخرا عن شعاع آخر أرسل فى نفس الوقت ولنفس المسافة ولكن بزاوية قائمة على إتجاه الحركة الأرضية خلال الأثير. ذلك أن الأرض تدور حول الشمس بسرعة تبلغ ٣٠كم/ث. ولابد وأن تتأثر سرعة الضوء -سلباً أو إيجابياً- فى حدود هذا المقدار، بحيث تتناقص إذا ما أنطلق

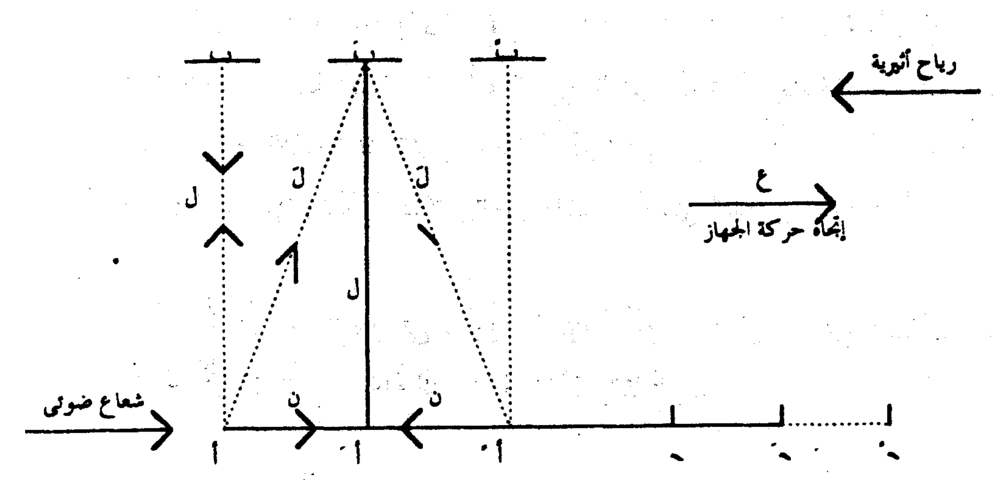
---

(٥٥) إيين نيكلسون : الزمان المتحول ، ص ١٧٨.

(٥٦) نفس الموضع .

الشعاع الضوئى بإتجـاه حركـة الأرض، وتـزداد إذا مـا إنطلـق بعكـس إتجـاه الحركة(٥٧).

هذه هـى الفكـرة الأساسية لتجربـة ميكلسـون - مورلـى. أمـا بنيتهـا الرياضية، وهى على جانب كبير من الأهمية إذا ما أردنـا فهـم النسبية، فقد تزداد وضوحا بالنظر إلى الشكل التالى(٥٨):-



أمامنا فى هذا الشكل تبسيطا لجهـاز التجربـة المكـون مـن ثـلاث مرايـا: (أ)،(ب)،(جـ). الأولى منها -أى (أ)- مـرآة شبه عاكسـة، تعكـس ٥٠٪ مـن الضوء الساقط عليها تجاه المرآة (ب)، وتسمح بمـرور الـ٥٠٪ الباقيـة تجـاه المرآة (جـ). ولذا فلو كان الجهـاز سـاكناً فـى الأثـير، فسـوف ينقسـم الشـعاع الضوئى الساقط على المرآة (أ) إلـى جزئيـن متسـاويين يمـران فـى مسـارين متعامدين: (أب)،(أجـ). ثم ينعكس الشعاعان مرة أخرى مـن المرآتيـن (ب) ،

---

(٥٧) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة (ترجمة د. أحمد مستجير ، المكتبة الاكاديمية ، القاهرة ، ط١، ١٩٩٣)ص ٧٨.

(58)This figure is quoted from Van Fraassen: An introduction to the philosophy of Time and space ,OP.Cit ,p143.

(جـ) الموضوعتين على مسافتين متساويتين من المرآة (أ) ويرتدان إليها بالتطابق ليعودا شعاعاً واحداً. أما لو تحرك الجهاز إلى اليمين بسرعة قدرها (ع) بالنسبة للأثير، بحيث يكون الذراع (أ ب) عمودى على إتجاه الحركة، فسوف يقوم نصف الشعاع الأول بالرحلة (أ بَ أ َ) بدلا من الرحلة (أب أ) ويقطع المسافة (٢لَ) بدلا من المسافة (٢ل). ولأن (لَ) أكبر من (ل) فلابد وأن تستغرق الرحلة (أ بَ أ َ) زمنا أطول من زمن الرحلة (أب أ). وكذلك الحال بالنسبة لنصف الشعاع الثانى، الذى يكون مُعرضاً فى رحلة الذهاب لرياح الأثير، فتستغرق رحلته ذهاباً وإياباً زمناً أطول من زمن الرحلة(أ بَ أ َ). ولنفصل ذلك رياضيا بالنسبة لحالتى السكون والحركة[٥٩].

الحالة الأولى: الجهاز فى سكون بالنسبة للأثير، ولذا فإن نصفى الشعاع يستغرق كل منهما فى رحلة الذهاب والعودة زمناً قدره:

(١) Δ ز = $\frac{٢ل}{س}$ (لأن الزمن = $\frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}}$)

(حيث ز=الزمن، ل=المسافة، س=سرعة الضوء بالنسبة للأثير).

الحالة الثانية: الجهاز يتحرك خلال الأثير بسرعة قدرها (ع) فى إتجاه (أجـ).

أولا: نصف الشعاع الأول يقوم بالرحلة (أ بَ أ َ) التى مسافتها (٢لَ)، ولذا يُصبح زمن رحلة الذهاب والعودة:

---

(59) Lbid , pp 142 - 46.

(٢) $\Delta_{١} = \frac{\text{٢ل}'}{\text{س}}$

ولكى نرى كيف يختلف هذا الفاصل الزمنى عن Δ ز، يجب أن نقدر قيمة (لَ) بالنسبة إلى (ل).

لنفرض أن (أ أً) = (أً أً) = ن

∴ ووفقا لنظرية فيثاغورث (ف ١١):

(٣) $(\text{ل}')^{٢} = \text{ل}^{٢} + \text{ن}^{٢}$

ولكن (٢ن) هى المسافة التى يتحركها الجهاز خلال الفاصل الزمنى $\Delta_{١}$ عندما يتحرك بسرعة (ع).

∴ (٤) $\text{ن} = \frac{\text{ع}\Delta_{١}}{٢}$

ومن (٢) ، (٤) نستنتج أن $\text{ن} = \text{ع} \left(\frac{\text{ل}'}{\text{س}}\right)$

ولذا فإن (٣) تؤدى إلى:

(٥) $(\text{ل}')^{٢} = \text{ل}^{٢} + \text{ع}^{٢} \left(\frac{\text{ل}'}{\text{س}}\right)^{٢}$

(٦) $\text{ل}' = \frac{\text{ل}}{\sqrt{١ - \text{ع}^{٢} / \text{س}^{٢}}}$

ومن (٢) ، (٦) نصل إلى:

(٧) $\Delta_{١} = \frac{\text{٢ل}}{\text{س}\sqrt{١ - \text{ع}^{٢} / \text{س}^{٢}}} = \frac{\Delta\text{ز}}{\sqrt{١ - \text{ع}^{٢} / \text{س}^{٢}}}$

الذى يكون بكيفية ما أكبر من Δز

ثانيا : نصف الشعاع الثانى يجب أن يتحرك نفس المسافة كالذى قبله، ولكن سرعته النسبية تتأثر بحركة الأرض (التى تحمل الجهاز) خلال الأثير. ولذا تقل سرعته فى رحلة الذهاب إلى (س−ع). اما فى رحلة العودة فتزداد إلى (س + ع).

وهكذا يُصبح زمن رحلة الذهاب والعودة :

$$(٨)\quad \Delta_{٢} = \frac{ل}{س-ع} + \frac{ل}{س+ع} = \frac{٢ل\,س}{س^{٢}-ع^{٢}}$$

ولكى نقدر قيمة $\Delta_{٢}$ بالنسبة إلى Δ ز لابد وأن نعزل المعامل $\frac{٢ل}{س}$ ، وذلك بالنظر إلى (١).

$$\therefore (٩)\quad \Delta_{٢} = \frac{٢ل\,س}{س^{٢}-ع^{٢}} = \frac{٢ل}{س(١-ع^{٢}/س^{٢})}$$

$$(١٠)\quad \Delta_{٢} = \Delta ز \left(\frac{١}{(١-ع^{٢}/س^{٢})} \right)$$

ونلاحظ أن هذا المقدار أكبر من Δ ز، ومن $\Delta_{١}$ أيضا، لأننا يمكن أن نستنتج من (٧)،(١٠) :

$$(١١)\quad \Delta_{٢} = \Delta_{١} \frac{١}{\sqrt{١-ع^{٢}/س^{٢}}}$$

وهكذا Δ ز أقل من $\Delta_{١}$ ، و$\Delta_{١}$ أقل من$\Delta_{٢}$ من خلال الضرب فى المعامل

$$\frac{١}{\sqrt{١-ع^{٢}/س^{٢}}}$$

٩٥ - وما توصلنا إليه رياضيا يمثل النتيجة المتوقعة كلاسيكيا لتجربة ميكلسون- مورلى. فنصفى الشعاع الضوئى لايمكن أن يعودا بالتطابق إلى نقطة المصدر. ولكن التوقع شئ، وما أسفرت عنه التجربة شيئ آخر. فقد عاد الشعاعان بالتطابق، ولم تتأثر سرعتيهما، لا بحركة الجهاز، ولا برياح أثيرية. فلا وجود إذن لهذا الوسط الغريب المدعو بالأثير. وسرعة الضوء ثابتة لاتتغير، ولاتختلف بين إقبال وإدبار عبر الفضاء [٦٠].

وكانت هناك بالطبع محاولات متتالية لتفسير النتيجة السلبية للتجربة، ولإنقاذ الأثير من مصيره المحتوم[٦١]. لعل أشهرها محاولة الفيزيائيين : الأيرلندى "جورج فيتزجيرالد" G. Fitzegerald (١٨٥١-١٩٠١) ، والهولندى "هندريك لورنتز" H.Lorentz . (١٨٥٣-١٩٢٨) ، ففى عام ١٨٩٣ تقدم الأول بإفتراض يقضى بأن الذراع (أجـ) الممتد على طول إتجاه الحركة من الممكن أن يتقلص بتأثير هذه الحركة وفقا للمعامل $\sqrt{1-\text{ع}^2/\text{س}^2}$ ولذا فإن طوله ليس (ل) ولكن ل $\sqrt{1-\text{ع}^2/\text{س}^2}$ ومن ثم فإن قيمة Δ_2 ليست كما هى فى (٩) ولكن :

$$(12)\quad \Delta_2 = \frac{2(\text{ل}\sqrt{1-\text{ع}^2/\text{س}^2})\,\text{س}}{\text{س}^2-\text{ع}^2} = \frac{2\text{ل}}{\text{س}}\left(\frac{1}{\sqrt{1-\text{ع}^2/\text{س}^2}}\right) = \Delta_1 ,$$

(60) Lbid ,p146.

(61) See : Bohm, D.: The special thery of Relativity, W.A.Benjamin, N.Y,1965 , Ch.v.

وبنفس الشكل الذى تتقلص به المسافة من (أ) إلى (جـ)، ذهب "لورنتز" إلى أن ساعة القياس من الممكن أيضا أن تتباطأ فى سيرها، وذلك باستخدام المعامل السابق $\sqrt{١-ع^٢ / س^٢}$.

ومعنى هذا أن آلات القياس تلعب دوراً مستتراً فى إخفاق أية محاولة للكشف عن الحركة خلال الأثير.

ومع أن هذا الإفتراض المريح، يُفسر بمعنى ما إخفاق تجربة ميكلسون-مورلى فى إثبات وجود الأثير إلا أنه يُبرهن أيضا على أن الأثير، لو كان موجوداً، فسوف يظل دائماً دون إكتشاف. وإذا كان هناك شيئ -حتى لو وُجد- لاسبيل إلى الكشف عنه بتاتا - سواء من حيث المبدأ أو التطبيق - فلا قيمة له بالنسبة للعلم. وهكذا تحول "الأثير" إلى مفهوم لاجدوى منه على الإطلاق[٦٢].

٩٦- هذه النتيجة على أهميتها، ترتبط بموضوع آخر شغل العلماء منذ أن وضع "ماكسويل" معادلاته لوصف سلوك الموجات الكهرومغناطيسية (ف ٩٠). فبرغم الطابع المطلق الذى تتسم به الميكانيكا النيوتونية، إلا أنها تحقق مبدأ للنسبية يمكن وصفه كما يلى:

"إذا أوفت الحركة الميكانيكية لمجموعة إسناد مُعينة بقوانين نيوتن للحركة (ف ٣٣)، فسوف يكون هذا صحيحا بالنسبة لأية مجموعة إسناد أخرى طالما كانت فى حركة منتظمة غير دوارة بالنسبة للمجموعة الأولى[٦٣].

---

(٦٢) إيين نيكلسون : الزمان المتحول ، ص ص ١٧٩-١٨٠.

(٦٣) هايزنبرج : الفيزياء والفلسفة ، ص ص ٧٨-٧٩.

ومعنى هذا أنه إذا كانت الكتلة (ك) تتحرك بإنتظام، وفى خط مستقيم بالنسبة إلى مجموعة الإسناد (م)، فإنها تكون أيضا متحركة بحركة منتظمة وفى خط مستقيم بالنسبة إلى مجموعة إسناد أخرى (مَ)، مادامت الأخيرة تتحرك بإنتظام بالنسبة إلى المجموعة(م)(٦٤).

وتبعا لهذا المبدأ، نستطيع تعيين قيم الإحداثيات (أ، بَ، حـَ، زَ) الخاصة بموضع (ك) وزمانها بالنسبة إلى (مَ)، إذا علمنا قيم هذه الإحداثيات (م، ب، حـ، ز) بالنسبة إلى (م). فإذا كانت المجموعة (مَ) تتحرك بسرعة قدرها (ع) بإتجاه المحور (أ) الخاص بالمجموعة (م) فإن :-

(١٣) أَ = أ - ع ز

بَ = ب

حـَ = حـ

زَ = ز

وتُعرف هذه المجموعة من المعادلات بـ " تحويلات جاليليو" Galileo-(٦٥)tansformations . وهى تستند كما نرى إلى مطلقية الزمان وإنسيابه بصورة

(٦٤) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ١٦.

(65) See : Cassirer , E : Substance and function & Einstein's thery of Relativity (Two Books in one), Dover Publications , Inc , N.Y, 1953 , p 370.

وأيضا :- آينشتين : المرجع السابق ، ص ٣٣ .

- موريس دوكين : المادة وضد المادة ، (ترجمة د. رمسيس شحاتة، دار المعارف بمصر ، القاهرة، ١٩٦٨) ، ص ٢٣.

متساوقة بمعزل عن حوادث العالم، كما أنها تترك الأطوال المتحركة دون تغيير يُذكر[٦٦].

لكن النسبية النيوتونية -وفقا للرؤى الكلاسيكية- لاتصلح للتطبيق فى ميدان البصريات أو الكهرومغناطيسية، ذلك أنه إذا كانت مجموعة الإسناد الأولى ساكنة فى الأثير، فليس من الضرورى أن تكون المجموعات الأخرى كذلك، ومن ثم فلابد وأن تُدرك حركتها بالنسبة للأثير عن طريق آثار من النمط الذى توقعه "ميكلسون" (ف ٩٤) وما أن أعلن الأخير عن النتيجة السلبية لتجربته، مؤكدا ثبات سرعة الضوء بغض النظر عن حركة المصدر، حتى إفترض الفيزيائيون أن مبدأ النسبية قد يكون صحيحا فى الكهرومغناطيسية كما فى ميكانيكا نيوتن[٦٧].

وهنا تقدم "لورنتز" (١٩٠٤) بمجموعة أخرى من المعادلات تُوفق بين معادلات "ماكسويل" لإنتشار الموجات وبين مبدأ النسبية، مستندا فى ذلك إلى فرضية إنكماش الطول وتمدد الزمان (ف ٩٥). هذه المعادلات الجديدة تُعرف بـ "تحويلات لورنتز" Lorentz transformation وبنفس الرموز السابقة نجد أن[٦٨] :-

$$(١٤)\quad \text{أ}' = \frac{\text{أ} - \text{ع ز}}{\sqrt{١ - \text{ع}^{٢}\ \text{س}^{٢}}}$$

---

(٦٦) دوكين : المرجع السابق ، ص ٢٣.

(٦٧) هايزنبرج : الفيزياء والفلسفة ، ص ٧٩.

(68) Cassirer : OP. Cit , p 372.

وأيضا :- آينشتين : المرجع السابق ، ص ٣٣.

- دوكين : المرجع السابق ، ص ٢٦.

بَ = ب　　　　　　　　　　حَ = حـ

$$\text{ز}' = \frac{\text{ز} - \text{ع أ} / \text{س}^{2}}{\sqrt{1 - \text{ع}^{2} / \text{س}^{2}}}$$

(حيث س = سرعة الضوء)

وبهذه التطورات الناجمة عما تمخضت عنه تجربة ميكلسون-مورلى، يكون الطريق قد تمهد تماما لظهور النسبية الخاصة التى أعلنها آينشتين عام ١٩٠٥.

ب- النسبية الخاصة : The Special Relativity

٩٧ - تلقف آينشتين هذه التطورات وألف بينها فى شكل أنيق ليُخرج لنا نظريته الخاصة فى النسبية. وفيها ينطلق من مبدأين أساسيين وجدا فى تجربة ميكلسون-مورلى دعماً قوياً. أما أولهما فهو مبدأ النسبية القائل بأن قوانين الظواهر الفيزيائية، وبصفة خاصة قوانين الكهرومغناطيسية، تحتفظ بصيغة ثابتة فى كافة مجموعات الإسناد الموجودة فى حركة إنتقال منتظمة بالنسبة لبعضها البعض(٦٩).

ومعنى هذا المبدأ هو أن "تحويلات لورنتز"، وليست تحويلات جاليليو، هى صاحبة المغزى فى الفيزياء(٧٠). أو بعبارة أخرى، يمكننا الزعم بأن الأثير لا وجود له، فلسنا بحاجة فى الواقع لمثل هذا الغرض، والأسهل أن

(٦٩) آينشتين : المرجع السابق ، ص ١٧.

(٧٠) دوكين : المرجع السابق ص٢٦.

نقول أن موجات الضوء تنتشر فى الفراغ، وأن المجـالات الكهرومغناطيسية واقع مستقل يمكن أن يوجد بدون الأثير (٧١).

ومادمنا قد تخلينا عن مفهوم الأثير، فقد تخلينا بالمثل عن مفهوم المكان المطلق الذى ذهب إليـه "نيوتـن" (ف ٩٣). فليس هنـاك معيار واحد ثـابت نستطيع بفضله تحديد مكان شئ مـا، أو سرعته، بشكل مطلق. وعلـى كل راصد أن يُحقـق قياسـاته فـى ضـوء معطياته الخاصـة: منزلـه أو كوكبـه أو مجرته. أو بالأحرى مكانه النسبى من الأشياء المتحركة فى الكون بسـرعات نسبية(٧٢).

أما المبدأ الثانى فينص على أن سرعة الضوء ثابتة فى كل الإتجاهات بغض النظر عن حالة الراصد أو مصدر الضوء من الحركة(٧٣).

ومادام هذا المبدأ قد تحقق بالدليل التجريبى، فعلينا إذن أن نتقبـل بصـدر رحب ما يترتب عليه من نتائج. وقد ندفع ثمنا باهظا مقابل ذلك، ولكننا نصل فى النهاية إلى فهم أفضل للطبيعة وعملياتهـا. ولننظـر الآن بإيجـاز إلـى هذه النتائج.

٩٨ - ١- تحوير قانون تركيب السرعات:

كان القانون الكلاسيكى لتركيب السرعات ضحية لقبول مبدأ ثبات سرعة الضوء. فلو إفترضنـا مثـلا أن سفينـة فضــاء (أ) تنطلق بسرعـة تعـادل نصـف سرعــة الضوء (أى ١٥٠,٠٠٠كم/ث)، وأن سفينة أخـرى (ب)

---

(٧١) هايزنبرج :المرجع السابق ،ص٨٠.

(٧٢) ميتشيل ويلسون : الطاقة ، ص ص١٤٠ - ٤١.

(٧٣) آينشتين : أفكار وآراء ،ص ١٥.

تنطلق فى الإتجاه المضاد بسرعة قدرها ٢٠٠,٠٠٠كم/ث. فكم تكون سرعة (أ) بالنسبة إلى (ب)، أو سرعة (ب) بالنسبة إلى سرعة(أ)؟

من المفترض تبعا لقوانين الميكانيكا الكلاسيكية أن تكون السرعة المقيسة لكل منهما بالنسبة للأخرى مساوية لحاصل جمع السرعتين (أى ٣٥٠,٠٠٠كم/ث). وهى كما نرى تفوق سرعة الضوء. لكن النسبية الخاصة لها رأى آخر، ذلك أن السرعة النسبية لكل منهما لن تزيد على ٢٦٢,٥٠٠كم/ث. وماعلينا -كى نتحقق من ذلك- سوى أن نطبق المعادلة التالية[٧٤]:-

$$(١٥)\quad ع = \frac{ع^{١} + ع^{٢}}{١ + ع^{١}ع^{٢} / س^{٢}}$$

(حيث ع هى السرعة النسبية بين السفينتين، $ع^{١}$ سرعة السفينة(أ)، $ع^{٢}$ سرعة السفينة (ب)، س سرعة الضوء).

هذه المعادلة مشتقة من تحويلات لورنتز (ف ٩٦). وقد تمثل نتيجتها تحديا لما نسميه بالحس المشترك، غير أنها تستند إلى دليل تجريبى قدمه الفيزيائى الفرنسى "هيبولايت فيزو" H. Fizeau (١٨١٩-١٨٩٦) عام ١٨٥١، وذلك حين قاس سرعة الضوء فى سائل متحرك، وكان يتوقع أن تكون السرعة الكلية للضوء مساوية لحاصل جمع سرعة السائل بالإضافة إلى سرعة الضوء، ولكنه وجد أن السرعة الكلية كانت أقل بعض الشيئ[٧٥].

(٧٤) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ،ص٣٩.

(٧٥) نفس الموضع.

٩٨-٢- تقلص الطول:

هذه النتيجة تعميم لإنكماش فيتزجيرالد Fitzgerald contraction الذى تعرفنا عليه من قبل (ف ٩٥) ، وتنص على أن الأشياء المتحركة تتقلص على طول إتجاه حركتها وفقا للمعادلة:

(١٦) لَ = ل $\sqrt{١-ع^٢ / س^٢}$

(حيث لَ هو طول الشئ وهو يتحرك، ل طوله الأصلى قبل الحركة ويُعرف بطول السكون rest length ، ع سرعته النسبية، س سرعة الضوء).

وعلى هذا فكلما إزدادت سرعة الشئ إزداد تقلصه، حتى إذا ما بلغت سرعته ٨٧٪ من سرعة الضوء تقلص طوله إلى النصف ، اما لو تمكن من بلوغ سرعة الضوء ذاتها ، فلن يكون له طول على الإطلاق [٧٦].

ورغم أهمية هذه النتيجة وغرابتها ، إلا أنها لم تختبر تجريبياً حتى الان، وذلك لصعوبة إجراء التجارب تحت ظروف السرعات العالية[٧٧].

٩٨-٣- تزايد الكتلة :

كان نيوتن يرى أن لكل جسم كتلة معينة ، وأنها مقدار ثابت لا يتغير سواء كان الجسم ساكناً او متحركاً . وان كمية الحركة ($\vec{كـ}$) تساوى كتلة الجسم مضروبة فى سرعته

($\vec{كـ}$ = ك $\vec{ع}$).

---

(٧٦) إيين نيكلسون : الزمان المتحول ، ص ص ١٨٦-٨٧ .

(٧٧) د. محمد على العمر : مسيرة الفيزياء ص١٠٢.

وجاء آينشتين متفقاً مع نيوتن فى ثبات كتلة الجسم وهو ساكن ، ولكنه إكتشف أن مقدار الكتلة يتغير حين يتحرك الجسم ، وتزداد كتلته بازدياد سرعة الحركة [٧٨]، وذلك وفقا للمعادلة[٧٩]:-

$$(١٧)\quad كَ = \frac{ك}{\sqrt{١ - ع^{٢} / س^{٢}}}$$

(حيث كَ هى كتلة الجسم وهو يتحرك ، ك كتلة السكون rest mass ، ع سرعته النسبية، س سرعة الضوء).

وكلما إقتربت سرعة الجسم من سرعة الضوء صارت كتلته أكبر ، حتى إذا ما أمكن للجسم أن ينتقل بسرعة الضوء صارت كتلته لا نهائية . وقد تأكدت هذه النتيجة بالدليل التجريبى ، ذلك أن "مُعجل الجسيمات"* Particle accelerator فى المعامل النووية قادر على رفع سرعة الجسيمات دون الذرية إلى نسب ضخمة جداً تقترب من سرعة الضوء. والواضح تماما من نتائج هذه التجارب أن كتل الجسيمات تزداد بالقدر الذى تتنبأ به النسبية الخاصة[٨٠].

٩٨ -٤- تكافؤ الكتلة والطاقة:

تمثل هذه العلاقة واحدة من أهم النتائج العامة لنظرية النسبية الخاصة. فقد كانت الكتلة عند نيوتن - كما رأينا - مقداراً ثابتاً لايتغير تحت كل

---

(٧٨) د: محمد فهمى زيدان: من نظريات العلم المعاصر،ص٤٠.

(٧٩) إيين نيلكسون : المرجع السابق، ص١٨٩.

* معجل الجسيمات هو جهاز يستخدم لزيادة سرعة الجسيمات المشحونة (معجم الفيزيقا الحديثة ، مادة "معجل" ،جـ١ ،ص٦.

(٨٠) نفس الموضع.

الظروف. وبالمثل كانت الطاقة (ف٨١) ولا علاقة بينهما . ثم جاء آينشتين ليوحد بينهما ويدمجهما فى قانون واحد مركب . فإذا كانت ك هى كتلة السكون لجسم ما ، ط طاقته ، س سرعة الضوء فان[٨١]:-

(١٨) ط = ك س^{٢}

بمعنى أن طاقة السكون rest energy لجسم ما تساوى كتلته مضروبة فى مربع سرعة الضوء . وقد تبدو هذه العلاقة منفصلة عن فهمنا لبنية الزمان والمكان. ولكنها فى الحقيقة تقدم لنا تفسيرا شافيا لعمليات الإندماج النووى التى تجرى بشكل متصل داخل الشمس والنجوم الأخرى ، وبها تعلمنا كيف أن مقدارا هائلا من الطاقة يقبع مستترا داخل كل وحدة من وحدات المادة. الأمر الذى أصبح يمثل مشكلة من أخطر المشكلات التى تواجه حضارتنا وأشدها إلحاحا[٨٢] .

٩٨ -٥- تمدد الزمان .

ومثلما تخلينا عن مفهوم المكان المطلق حين نبذنا فرض الأثير، ثم أدركنا نسبية الحركات والأطوال تبعا لموقع الراصد. كذلك يجب أن نتخلى عن مفهوم الزمان المطلق. فلكل راصد زمانه النسبى، هو ذلك الزمان الذى تقيسه ساعته الخاصة. ولو أتيح له أن يراقب ساعة موضوعة على سطح سفينة فضاء سريعة الحركة، فسيرى أن عقارب هذه الساعة قد دارت بسرعة أبطأ من عقارب ساعته الخاصة. وتبعا للنسبية الخاصة، لاريب فى

---

(٨١) آينشتين : افكار وآراء ، ص ١١٣.

(٨٢) نفس المرجع ، ص ١١٤.

هذه المسألة، فالزمان ينساب على الأشياء السريعة الحركة بسرعة أبطأ مما لو كان على الأشياء الثابتة. وذلك تبعا للمعادلة(٨٣):-

(١٩) $ز' = ز \sqrt{١ - ع^٢ / س^٢}$

(حيث زَ هو زمن السفينة بالنسبة للراصد، ز هو الزمن الخاص بساعة السفينة، ع سرعة السفينة النسبية، س سرعة الضوء).

فإذا ما تساءلنا أى الزمانين صحيح، لجاءنا رد النسبية بأن كليهما صحيح - بالنسبة لإطاره. ومعنى ذلك أننا لا نستطيع الزعم بأن حادثتين قد وقعتا فى نفس اللحظة. أو أن إحداهما تسبق الأخرى أو تتلوها، اللهم إلا إذا نسبنا هذا الزعم لإطار بعينه، له حركته النسبية، وله مكانه وزمانه النسبيان.

٩٩- ظاهرة التمدد الزمانى إذن هى إحدى النتائج الهامة الناجمة عن الحركة النسبية، إذ بها يفقد مفهوم 'التزامن" Simultaneity معناه المطلق المرتبط بتجاربنا المحلية. وحتى لاننزلق إلى تفسيرات خاطئة فيما يتعلق بهذه الظاهرة، ينبغى أن نتنبه جيدا إلى النقطتين التاليتين:-

(١) أن تمدد الزمان لايعنى إمكانية أن ينتقل جسم مادى بسرعة الضوء، أى أن يتوقف الزمان تماما بالنسبة له، لأن كتلته فى هذه الحالة ستصبح لامتناهية (المعادلة١٧). وعلى هذا فلن يمكنه بالأحرى أن ينتقل بسرعة تفوق سرعة الضوء، فيرتد به الزمان إلى الوراء. وقد يبدو ذلك متعارضا مع ما سبق أن ذكرناه من أن قوانين النسبية تتيح إرتداد الزمان (ف٨٣،٨٤). ولذا نبادر بالقول بأن معادلة تزايد الكتلة لاتستبعد، بمعنى ما، إمكانية الإنتقال بأسرع من الضوء. أى تقهقر الزمان إلى الوراء، ولكنها تمنع فحسب السفر بسرعة الضوء. وليس هذا وذاك شيئا واحدا، لأننا يمكن أن

---

(٨٣) إيين نيكلسون : المرجع السابق ، ص ١٩٢.

نفترض ميلاد جسيم ما ينطلق أصلا بسرعة أكبر من سرعة الضوء، وهو فرض مقبول نظريا*، ولكن الجسيم عليه فى هذه الحالة أن يبطئ من سرعته كى يعود إلى الحاضر، فإذا ما وصل إلى سرعة الضوء، أصبحت كتلته لامتناهية وهذا يعنى أنه لن يتمكن من العودة مطلقا، ولابد له من أن يظل دائما مسافرا فى الماضى(٨٤).

(٢) أن إختلاف الترتيب الزمانى أو المكانى للحوادث من راصد إلى آخر، لايعنى فى الحقيقة إختلال الترتيب السببى للحوادث. بمعنى أن يكون السبب سابقا على النتيجة بالنسبة لراصد ما، بينما تكون النتيجة سابقة على السبب بالنسبة لراصد آخر. قد يكون ذلك صحيحا لو نظرنا إلى الفاصل الزمانى بين حادثتين بينهما رباط سببى بمعزل عن الفاصل المكانى - أو العكس - لكن إنتقال التأثيرات السببية ليس فى الحقيقة إنتقالا زمانيا (أو مكانيا) فحسب، ولكنه إنتقال "زمانى - مكانى" فى متصل رباعى الأبعاد، يمثل العالم الذى نعيش فيه. ولو أردنا وصفا موضوعيا دقيقا لإنتقال التأثير

---

* لننظر مرة أخرى إلى معادلة تزايد الكتلة : $كَ = \frac{ك}{\sqrt{١-ع^{٢} / س^{٢}}}$ فإذا إفترضنا ان ع اكبر من س ، فسوف يكون لدينا فى المقام جذرا تربيعيا لعدد سالب، وهو كما نعرف عدد تخيلى (ف٦١-٦٢). ولو افترضنا ان ك وهى كتلة السكون، اصبحت أيضا تخيلية، امكننا ان نكتب المعادلة على هذا النحو : $كَ = ت (ك)/ت \sqrt{١-ع٢/س٢}$ (حيث ت هى العدد التخيلى). وبإلغاء ت الموجود فى البسط مع ت التى فى المقام، تصبح للجسيم الإفتراضى كتلة حقيقية متناهية. ومن ثم تتم العملية العكسية، اى أن كتلته تنخفض مع زيادة سرعته، فإذا أبطأ من سرعته، تزايدت كتلته حتى تصبح لامتناهية حين تتعادل سرعته مع سرعة الضوء. أنظر : إيين نيلكسون: المرجع السابق ، ص ص ٢٠٤ - ٢٠٥.

(٨٤) نفس المرجع ، ص ص ٢٠٤ - ٢٠٥.

السببى بين حادثتين، فعلينا أن نضع فى إعتبارنا هذا التركيب العضوى غير القابل للإنقسام بين الزمان والمكان، والذى تمثله المعادلة التالية* (٨٥):-

(٢٠) ص = $\sqrt{(\Delta ز)^{2} - (\Delta م)^{2}}$

(حيث تعبر ص عن الفاصل الزمكانى spatio-temporal interval بين الحادثتين، Δز عن الفاصل الزمانى بشرط أن نضع فى إعتبارنا سرعة الضوء، Δم عن الفاصل المكانى الذى تعينه ثلاثة إحداثيات مكانية : طول (ل) ، عرض (ض) ، وإرتفاع (ف).).

ولما كان الإحداثى الزمانى ممثلا للبعد الرابع فى المتصل، فلابد إذن من تحويله إلى إحداثى مكانى حتى تتوافق الإحداثيات. ويتم ذلك بضرب مقدار الفاصل الزمانى فى مقدار سرعة الضوء، أى أن Δز = س ز. وبتربيع الفاصل الزمكانى بين الحادثتين، يمكن للمعادلة أن تأخذ الشكل التالى(٨٦):-

(٢١) ص^{2} = س^{2}ز^{2} - (ل^{2} + ض^{2} + ف^{2})

فإذا وصفنا الفاصل الزمكانى بين أى حادثتين بهذه المعادلة، فإن جميع راصدى الحركة المطردة النسبية سيصلون إلى نفس قيمة ص من مقاييسهم لكل من ز ، ل ، ض ، ف. حتى ولو كانت القيم الفردية للشطرين الزمانى والمكانى قد قامت الحركة النسبية بتعديلها(٨٧). وهكذا يحتفظ المتصل

---

* نستبعد هنا بالطبع إمكانية أن ينتقل التأثير السببى بين حادثتين بسرعة تفوق سرعة الضوء، وهذه هى الحالة الوحيدة التى يمكن فيها للنتيجة أن تسبق السبب، ولكنها حالة ترفضها النسبية بشدة كما سبق أن رأينا.

(85) Van Fraassen : OP.Cit , p 150.

(٨٦) إيين نيكلسون : المرجع السابق ، ص ٢١٠.

(٨٧) نفس الموضع.

الرباعى الأبعاد بالطابع المطلق الذى قرره نيوتن لكل من الزمان والمكان وهما منفصلان(٨٨).

١٠٠-وفكرة "الزمكان" ، أو متصل الزمان - مكان Space - Time continuum من وضع الرياضى الألمانى "هيرمان منكوفسكى" H. Minkowski (١٨٦٤-١٩٠٩) . قدمها عام ١٩٠٨ كتفسير واضح للملابسات الناجمة عن تباين المسافات والأزمنة فى النظرية الخاصة للنسبية. ووفقا لهذه الفكرة، يندمج الزمان فى المكان إندماجا تاما ليؤلفا معا متصلا واحدا هو "متصل الزمان - مكان". هذا المتصل كما ذكرنا، لاشأن له بموقع الراصد أو سرعة حركته. وإنما هو شئ موضوعى، له طبيعته المستقلة، فإذا أدركناه ، فقد خطونا أولى خطواتنا نحو "المطلق" الذى إفتقدناه بتحويلات " لورنتز " (٨٩).

ويمثل "منكوفسكى" لكل جسيم مادى فى المتصل بنقطة زمكانية لها أربعة إحداثيات، يطلق عليها إسم "النقطة - العالم" world - point . أما تاريخ الجسيم ككل فيمثل له بخط أحادى البعد من النقاط الزمكانية المتصلة، يسمى "الخط - العالم" world - line . وهكذا فكل خط من خطوط العالم يعبر عن الوجود الثابت المتصل لجسم ما. ومن مجموع هذه النقاط وتلك الخطوط يتألف العالم الذى يحتوينا(٩٠).

---

(٨٨) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ص ٨٨ - ٨٩ ، ص ٣٦.

(89) See Lucas ; A Treatise on Time and Space , Op. Cit , pp 236 - 41 .

(٩٠) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ص ٨٨ - ٨٩ ، ص ١١٨

See also : Smart , j.C : Between Science and philosophy , Random House , N.Y , 1968, pp 218 FF.

ولاشك أن لهذه الفكرة من النتائج الفلسفية ما يعد علامة على وجهة نظر جديدة تماما. فمن ناحية، لم تعد المادة كما كانت من قبل " جوهرا " ، أو موضوعا تُحمل عليه الصفات الثانوية، وإنما أصبحت مجرد سلسلة من الحوادث الزمكانية المتصلة والمتجاورة، تناظر رياضيا متسلسلة الأعداد الحقيقية التى توقف عندها "كانتور" كأعلى رتبة من رتب الإتصال (ف٧٧). وبعبارة أخرى، أصبحت المادة مجرد إمتداد نقطى زمكانى، فالحوادث هى النسيج الذى يتألف منه المتصل رباعى الأبعاد، مثلما الأنغام هى النسيج الذى يتألف منه اللحن الموسيقى. وبين كل حادثتين لاتبعد إحداهما عن الأخرى بعدا شديدا، توجد علاقة قابلة للقياس، هى تلك المسماة بالفاصل. ويبدو أن هذا الفاصل هو الحقيقة الفزيائية التى تعد البرهة من الزمان والمسافة من المكان ممثلين غامضين لها(٩١).

ومن ناحية ثانية، فقدت فكرة إنسياب الزمان (ف ٨٤) معناها المطلق الذى تصوره نيوتن، فالزمكان "موجود" ، هذا كل ما فى الأمر، وهو لاينساب ولايتغير. وكل الحوادث الممكنة توجد فى الزمكان. ونحن كأفراد يتصادف أن نلتقى بهذه الحوادث. أما إنسياب الزمان الذى نعيه على هذا النحو الحاد، فما هو إلا مجرد سمة من سمات شعورنا(٩٢). وهكذا أصبحنا على مقربة من أن نقرر للزمان بداية ونهاية، وكل ما هو مطلوب، هو أن نقرر بوضوح ما إذا كان الكون – أو المتصل رباعى الأبعاد – قد بدأ

---

(٩١) رسل : ألف باء النسبية (ترجمة فؤاد كامل ، مراجعة د. محمد مرسى أحمد ، شركة مركز كتب الشرق الأوسط ومكتبها ، القاهرة ، ١٩٧٧) ص ١٣٤.

(٩٢) إين نيكلسون : الزمان المتحول ، ص ٢١١.

وسـوف ينتهـي، أم أن "اللاتنـاهى" لـه دور ينبغـي أن يذكـر فـي رسـم البنيـة التوبولوجية لهذا المتصل.

ومن ناحية ثالثة، إتخذت مشكلة العلاقة بين "الذات" و "الموضـوع" بعـدا جديدا لاتزال له آثاره الفلسفية حتى الآن. فلقد كان الزعم السائد فـي الفيزيـاء التقليدية يدور حول إمكانية التمييز تمييزا قاطعا بين سـلوك الأشـياء، والـذات المدركة لهذا السلوك، وأنه لامجال للوقوع في "الذاتية" ما دمنا نرصد مـانراه بـأدوات دقيقـة، ونتمتـع بقـدرة طيبـة علـى ربـط الظواهـر[٩٣]. وبعـد مجيـئ النسبية، كان الظن السائد هو أن الذات الإنسانية تلعب دورا لايمكن إغفالـه فى صياغة القوانين الفيزيائية. فالمكان والزمان والحركة، كلهـا أمـور نسـبية تختلف من شخص إلي آخر وعلي هذا فقد تنحـت الموضـوعية جانبـا لتفسح الطريق للذاتية. لكن هذا الظن ينطوى على فهم خاطئ لمـا أعلنـه "أينشـتين"، ذلك أن نسبية الأطوال والمسافات والأزمنة ليست فى جوهرها نسبية ذاتية أو سيكولوجية، وإنمـا هـى نسـبية فيزيائيـة، فمـن الممكـن أن نسـتبدل الآلات والأجهزة بالإنسان الراصـد، وسـوف نحصـل علـى نفس النتيجة[٩٤]. الأمـر الـذى يحفـظ للعـالم موضوعيتـه المستقلة عن الـذات العارفـة. وتـأكيدا لهـذا المعنـى، تلقـف أينشـتين فكـرة "الزمكـان" لينقذ موضـوعيـة العـالم مـن أسـر التفسيرات الخاطئة، وليخطو بنا سريعا نحو نظريته العامة فى النسبية.

جـ- النسبية العامة : General relativity

١٠١-لعلنا قد لاحظنا فيما سبق أن النسبية الخاصـة، وإن كانت أكثر إرضـاء من الميكانيكا النيوتونية، إلا أنها مشروطة فى قابليتها للتطبيق بحركة الإنتقال

(٩٣) د. محمد محمد قاسم : "كارل بوبر" ، ص ١٢٤.

(٩٤) د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر ، ص ٣٨ ، ص ص ١١٣-١٤.

المنتظمة لمجموعات الإسناد (ف ٩٧). ولكى ينتقل جسم ما بسرعة منتظمة فلابد له من أن يتحرر من كافة تأثيرات القوى الخارجية. فالقوة تولد التسارع (أو العجلة accelaration) ونحن فى عالم لايخلو فيه مكان من تأثيرات القوى الجاذبة. قد نتحرك بعيدا عن الأرض فنتحرر من جاذبيتها، ولكننا مع ذلك نظل خاضعين لتأثير الشمس الجاذبى. فإذا ما تحررنا من هذا الأخير، وجدنا أنفسنا أسراء التأثير الجاذبى العام للمجرة. وهكذا دواليك[٩٥].

النسبية الخاصة إذن لاتعدو أن تكون نظرية تقريبية طالما كانت الجاذبية حاضرة. وهى كذلك تشير بإصبعها إلى ما وراءها، أى إلى ضرورة تعميم مبدأ النسبية بحيث يشمل كافة مجموعات الإسناد مهما كانت حالتها من الحركة[٩٦]. ولم يتحقق ذلك إلا عام ١٩١٥، حين نشر آينشتين نظريته العامة فى النسبية، ليكشف بذلك عن نظرية فى الجاذبية أشمل من نظرية نيوتن. هذه الأخيرة ملائمة تماما لـ ٩٩,٩٩٪ من التطبيقات. ولكن هناك مواقف يكون فيها قانون الجاذبية القديم قاصرا، وهنا فحسب تدخل النسبية العامة معلنة جدارتها وأحقيتها[٩٧].

١٠٢- والخطوة الأولى على طريق النسبية العامة هى ما يعرف بـ "مبدأ التكافؤ الميكانيكى بين كتلة الجاذبية وكتلة القصور الذاتى لأى جسم مادى" فمن المعروف وفقا للقانون الثانى لنيوتن أن العجلة تساوى القوة المؤثرة على الجسم مقسومة على كتلته. والكتلة فى هذه الحالة هى مقياس لمقاومة الجسم للعجلة، أى أنها مقياس لقصوره الذاتى، ولذا تعرف بكتلة القصور الذاتى

---

(٩٥) إيين نيكلسون : المرجع السابق ، ص ٢١٦.

(٩٦) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ٥٩.

(٩٧) نيكلسون : المرجع السابق ، ص ص ٢١٧ – ١٨.

inertial mass . ومن خلال قانونه العام فى الجاذبية، يخبرنا نيوتن بأن قوة الجذب المتبادل بين جسمين تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما، وطرديا مع حاصل ضرب كتلتيهما. حيث تكون الكتلة هنا بمثابة مقياس للقوة اللازمة لجذب الجسم. ومن هذين القانونين نستنتج وجود علاقة بين كتلتى الجاذبية والقصور الذاتى لأى جسم مادى، فكلما إزدادت كتلة الجسم، إزدادت القوة اللازمة لجذبه، وإزدادت فى نفس الوقت القوة اللازمة لتعجيله، والعكس صحيح. وقد ثبت بالدليل التجريبى أن هذه العلاقة هى علاقة تكافؤ equivalence . فالريشة والحصاة، كما أخبرنا "جاليليو" ومن بعده "نيوتن"، تتسارعان إلى الأرض بنفس الكيفية، وتصلان إليها فى توقيت واحد إذا ما أمكننا التحكم فى تأثير مقاومة الهواء(٩٨).

ولم يستطع "نيوتن" تقديم تفسير واضح لهذه العلاقة حتى تنبه لها "أينشتين" عام ١٩٠٧، فوضع لها تفسيرا كان بمثابة الحجة والدليل لنظريته العامة فى النسبية. لم ينظر "أينشتين" إلى الجاذبية بوصفها قوة مباشرة تؤثر عن بعد، وإنما نظر إليها بوصفها مجالا مغناطيسيا تنشره الأجسام الجاذبة من حولها، فيؤثر بدوره على الأجسام المحيطة بها مما يدفعها إلى الحركة بعجلة واحدة مهما كانت حالتها المادية أو الفزيائية(٩٩).

---

(٩٨) نفس المرجع ، ص ص ٢١٨ – ١٩.

(٩٩)أينشتين : المرجع السابق ، ص ٦٢.

ومعنى ذلك أن الكتل المادية لاتتبادل الجذب بطريقة "نيوتن"، وإنما بطريقة "فاراداى" و"ماكسويل" (ف ٨٩ ، ٩٠) ولذا فإن قانون التربيع العكسى – على فائدته – ليس بذى معنى ملائم للتفسير الجديد(١٠٠).

ولكن كيف يسهم هذا التفسير فى صياغة المبدأ العام للنسبية ؟؟

لنضرب لذلك مثالا توضيحيا :

دعنا نتخيل راصدا داخل سفينة فضاء تنتقل بانتظام (دون تشغيل المحركات) فى حيز فارغ بين النجوم، أى بعيدا عن أى تأثير جاذبى. لاشك أن الراصد فى هذه الحالة سيعانى شعورا بانعدام الوزن. وكذلك كل ما تحتويه السفينة من أشياء، بحيث تبدو هذه الأشياء وكأنها تُحلق مع الراصد فى منتصف السفينة. ولنفرض الآن أن محركات السفينة قد دارت فجأة (دون أن يشعر الراصد). حينئذ ستبدأ السفينة فى الإنتقال بعجلة مطردة هذه العجلة لابد وأن تنتقل بدورها إلى كافة محتويات السفينة، بما فيها الراصد فتبدأ جميعها فى السقوط بسرعة واحدة لتستقر فى وقت واحد فوق أرضية السفينة . تماما كما لوكانت قد استقرت فوق اى مكان من سطح الارض . وتبعا لمبدأ التكافؤ ،لن يستطيع الراصد أن ينبئ وقتئذ إن كان شعوره بالوزن ناجما عن تسارع السفينة ، أو عن ثباته فى مكان ما تحت تاثير الجاذبية . فالقوة التى يعاينها يشعر بها شعور واحداً فى كلتا الحالتين. وليس هنالك من قياس يستطيع أن يقوم به داخل السفينة بحيث يتيح له أن يعرف الفرق بينهما.

---

(١٠٠) فيدل ألسنيا : التحدى الأكبر (مقال بمجلة الثقافة العالمية ، ترجمة د. صلاح يحياوى ، المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب ، الكويت ، العدد (٣٠) ، سبتمبر ١٩٨٦ ص ٢١.

كذلك الحال فيما لو دخلت السفينة مجال الجاذبية الارضية بعد توقف محركاتها ، فى هذه الحالة ستسقط السفينة سقوطاً حراً بعجلة مطردة تحت تأثير الجاذبية .وسوف يعود الراصد إلي حالة انعدام الوزن التى عاناها من قبل حين كان يتحرك بسرعة منتظمة خارج محال الجاذبية. ولن يستطيع بالمثل أن يقوم بالتميز بين الحالتين .

يمكننا إذن فى الحالة الأولى معاملة السفينة المنتقلة بعجلة خارج مجال الجاذبية ،كما لو كانت تنتقل بانتظام فى مجال جاذبى . والعكس صحيح فى الحالة الثانية ، إذ يمكننا معاملة السفينة المتسارعة داخل مجال الجاذبية ، كما لو كانت ذات سرعة منتظمة خارج هذا المجال. واسترشاداً بهذا المثال وغيره[١٠١]، يبدو من الملائم أن نمتد بمبدأ النسبية ليشمل كافة مجموعات الاسناد ، مهما كانت حالتها من الحركة. وفوق ذلك ، نخرج بتفسير جديد للجاذبية، لعله ينمى معرفتنا بالمتصل الكوني .

١٠٣- نستطيع الآن أن نواصل بناء النسبية العامة بما يدعم مفهوم المجال الجاذبى . ولعل أول ما يجب علينا فعله ، هو أن نشتق نظرياً ما لهذا المجال من آثار على العمليات الطبيعية التى نعرف قوانينها . ولتكن مثلاً حركة الاشعة الضوئية ، فهى الرسول دائم الحضور بين الكواكب والنجوم . وهى بالإضافة إلى ذلك كيان يمكننا ملاحظته بوسائلنا الأرضية .

إننا نعرف أن للضوء طاقة . وقد علمتنا النسبية الخاصة أن الطاقة تكافئ الكتلة (ف٩٨-٤) . أليس من المعقول إذن أن نفترض إنحناء الشعاع الضوئى وتباطؤ سرعته إذا مااخترق مجالاً جاذبياً ؟؟.

---

(١٠١) لأمثلة أخرى مشابهة أنظر : آينشتين :المرجع السابق، ص ص٦٤-٦٧& نيلكسون: الزمان المتحول ،ص ص٢١٨-٢٠ & لانداو وآخرون: الفيزياء العامة، ص ص ٧٦-٧٧.

لاشك أنه إفتراض مقبول ، فالطاقة ، شأنها فى ذلك شأن الكتل المادية ، لابد وأن تتأثر بالمجال الجاذبى . هكذا تنبأ "أينشتين" ، وهكذا كان الواقع الفعلى .ففى عام ١٩١٩ ،ثبت تجريبياً أن الضوء الآتى من النجوم ينحنى إنحناءً خفيفاً نحو شمسنا ،وأن سرعته تتناقص فى جوارها .تم ذلك بقياسات غاية فى الصعوبة ، إلا أنها قطعت دابر كل شك(١٠٢)*.

ومن ناحية أخرى ، ذهب "أينشتين" إلى ضرورة الربط بين إنحناء الشعاع الضوئى بفعل الجاذبية الارضية ، وبين هندسة الزمان – مكان(١٠٣) فإذا كنا قد ذكرنا من قبل (ف ١٠٠) أن خط العالم لأى جسيم مادى هو خط مستقيم أحادى البعد ، إلا أننا نرى الآن آثاراً للجاذبية لايمكن تلاشيها. وعلى هذا فلابد وأن تتخلى خطوط العالم عن استقامتها ، لتبدو خطوطاً منحنية فى المتصل . وهنا كانت الخطوة الحاسمة "لأينشتين" ، إذ إفترض أن الجاذبية التىإعتبرها "نيوتن" قوة يغلفها الغموض ، هى فى الحقيقة خاصية من خصائص الزمكان نفسه .وبعبارة أخرى ، نستطيع الزعم بأن الزمكان ينحنى

---

(١٠٢) فيدل السينا :المرجع السابق ص ١٧.

* كان ذلك فى يوم ١٩١٩/٥/٢٩، حين خرج الفلكى الانجليزى الشهير "سير آرثر ادنجتون Eddington " (١٨٨٢–١٩٤٤) على رأس بعثة تابعة للجمعية الملكية الفلكية للتحقق من هذا الفرض . ومغزى إختيار ذلك اليوم أنه كان يوم كسوف كلى للشمس ،حيث يمكن تصوير النجوم دون إعاقة من اشعة الشمس .وقد ثبت إنحراف الضوء بالقدر الذى حدده "أينشتين" تماماً.

See: Morris,R : Dismantling The universe ,Dp-Cit, pp67-68.

وأيضا رسل :الف باء النسبية ، ص ٧٩.

(103) Lucas : Atreatise on Time and Space,p239.

فى حضور الأجسام ذات الكتل الضخمة ، بنفس الطريقة التى تنحنى بها الوسادة إذا ما وضعت فوقها كرة ثقيلة من الرصاص(١٠٤).

المجال الجاذبى إذن هو إنحناءة او تشويه Distortion فى متصل "الزمان -مكان" بفعل كثافة المادة . أما حين يكون المتصل خاليا من المادة ، فسوف يبدو كما لو كان مستوياً تماماً .وحينئذ يحق لهندسة "إقليدس" (ف ٤٤،٤٣) أن تعلن جدارتها بالتطبيق . حيث الخط المستقيم هو أقصر مسافة بين نقطتين . ولكننا فى أى موقف آخر لا نجد بديلا عن إستخدام هندسة "ريمان" للأماكن والسطوح المنحنية (ف ٤٧) حيث الخط المنحنى ، المعروف بالجيوديسى geodesic هو المسافة الأقصر بين أى نقطتين(١٠٥).

وهكذا أصبحت الجاذبية مفهوما هندسياً محضاً، بعد أن كانت عند نيوتن مفهوماً ديناميكياً.أما مشكلة التأثير عن بعد ، فقد أُلغيت كلية . لأن الطبيعة قد تفادتها بمناورة بسيطة، بأن جعلت الجاذبية تؤثر فى الفضاء وليس من خلاله(١٠٦). فإذا أردنا بعد ذلك دليلا على صدق التصور الجديد فلننظر إلى حركة "عطارد"وهو أقرب الكواكب إلى الشمس . هذا الكوكب كغيره، يدور حول الشمس فى مدار إهليلجى واضح، لكن الحضيض الشمسى له -أى النقطة التى يكون فيها على مسافة دُنيا من الشمس- لا يبقى ثابتا فى الفضاء كما تقرر ديناميكا نيوتن، وإنما ينتقل ببطئ بمقدار ٤٣ ثانية كل قرن، وقد

---

(١٠٤) جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٦١ ، وأيضاً :د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر ، ص٦٧ .

(105)OP- Cit , p240 .

وايضاً : نيلكسون : الزمان المتحول ، ص٢٢٥.

(١٠٦) جينز :المرجع السابق ، ص١٦٢.

كان هذا الفرق هو صيحة التحذير الأولى من تعميم نظرية نيوتن في الجاذبية بشكل مطلق، وكان أيضا هو الدعامة والسند لنظرية "آنيشتين" التي قامت بتفسيره على نحو دقيق(١٠٧).

١٠٤-تبقى مشكلة أخرى أساسية، تفوق في أهميتها مشكلة الجاذبية، وإن كانت لازمة عنها بالضرورة. ألا وهي كيف يمكن النظر إلى الكون ككل في ضوء الاتصال واللاتناهي.

لقد إفترض نيوتن تبعا لقانونه العام في الجاذبية، أن الكون سطح مستو، له ما يشبه المركز. وحول هذا المركز ترتفع كثافة المادة لتبلغ اقصى مقدار لها. ثم تأخذ في التناقص تدريجيا كلما ابتعدنا، إلى أن تتلاشى تماما بعد أبعاد شاسعة ليتلوها فراغ لا نهائي ومعنى هذا أن الكون المادي ما هو إلا جزيرة منتهية في محيط لا نهائي من الفضاء وأن الضوء الصادر عن النجوم، وكذلك بعض المجرات، لابد وأن تخرج باستمرار إلى الفضاء اللا نهائي دون رجعة الأمر الذي يحمل تأكيداً بالفناء التدريجي والمنتظم للمادة الكونية(١٠٨).

ومثل هذا التصور لا يتفق في الحقيقة ونتائج الملاحظات والبحوث الفلكية الحديثة تلك التي تؤكد أن الكون " مُوحد الخواص" في كل الاتجاهات. بمعنى أن المادة موزعة توزيعا متسقا في كافة أرجاء الكون. فلا أفضلية لجهة دون أخرى من حيث كثافة المادة. حقا أن كل المجرات- فيما عدا المجرات التي تجاورنا مباشرة، والتي تؤلف ما يسمى بالجماعة المحلية من

(١٠٧) فيدل السينا : التحدي الأكبر ، ص ١٧ ، ص ٢١.

(١٠٨) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة ، ص ص ٩٩-١٠٠.

المجرات- تكشف عن زحزحات حمراء* فى أطيافها مما قد يُفسر بأن هنـاك ثمة مركز كونى تتراجع عنه المجرات، إلا أن هذا التفسير أبعد ما يكون عن الترجيح، إذ أن التمدد الملحوظ للكون يتبدى علـى أنـه متمـاثل تماماً، بحيث أنك لو قمت بالملاحظة من أية مجرة، فسوف تشاهد الصورة العامـة نفسـها، أى ستبدو كل المجرات وكأنها تتراجع عنك بالذات(١٠٩).

ليس هناك إذن مركز وحيد للكـون، أو "حافـة" قابلـة للتمييز. ولـو كـان هناك مركز وحافـة، فلابد وأن نتوقـع رؤيـة تركيز للمـادة فـى إتجـاه واحـد (صوب المركز)، وترقيقا للمادة فى الإتجاه الآخر (أى صـوب الحافـة) (١١٠). فهل يعنى ذلك أن الكون أو "متصل الزمان – مكان" لامتناه فى الإمتداد؟؟.

---

* الزحزحة الحمراء Red shift ، أو "تأثير دوبلر" Doppler effect، ظـاهرة مـن إكتشـاف الفلكي النمساوى " كريستيان دوبلر" (١٨٠٣-١٨٥٣) ، وتتمثل فـى التغيير الظـاهرى لـتردد الصوت أو الإشعاع نتيجة للحركة النسبية بين المصدر ، وبين الراصد. فذروة (أو تـردد) الصـوت المنبعث من جسم متحرك (صفارة قطار متحرك على سبيل المثـال). تبـدو لـلراصد الثـابت وكأنهـا تتزايد مع اقتراب الجسم منه ، بينما تتناقص كلما تراجع وابتعد عنه. كذلـك الضـوء المنبعـث مـن جسم متحرك ، إذ يبدو أكثر احمرار (حيث الضوء الأحمر تردده أقل مـن تـردد الألـوان الأخـرى) كلما تراجع وابتعد عن الراصد. وهكذا فـإن الضـوء المنبعـث مـن النجـوم الموجـودة فـى المجرات البعيدة تطرأ عليه ظاهرة دوبلر إذا ما رصدنا هذه النجوم ونحن على الأرض. وتعنى هـذه الظـاهرة هنا أن هذه المجرات النائية تتراجع مبتعدة عن مجرتنـا. وهـذه هـى البينـة المبدئيـة لإثبات الإفـتراض الشائع عن تمدد الكون. أنظر : إيبن نيكلسون : الزمان المتحول ، ص ٢٢٨ (حاشية بقلم المترجم) & وأيضا رسل : ألف باء النسبية ، ص ص ٨٠ – ٨١ ، ص ١٠١ & وأيضا د. كارل سـاغان : الكون (ترجمة نافع أيوب لبس ، مراجعة محمد كامل عارف ، سلسلة عالم المعرفـة ، العـدد ١٧٨ ، الكويت ، اكتوبر ١٩٩٣) ص ٢٢٨ وما بعدها.

(١٠٩) إيبن نيلكسون : المرجع السابق ص ٢٤٢.

(١١٠) نفس المرجع ، ص ٢٤٣.

يجيب "آينشتين" عن هذا التساؤل بعبارة موجزة فيقول "الكون متناه ولكنه غير محدود"(١١١). Finite but unbounded وأبسط تفسير لهذه العبارة أن نتصور الكون، لا كسطح مستو كما رأى "نيوتن"، ولكن كسطح كرى مُقفل. فلو أنك واصلت السير فى فضاء آينشتين بإتجاهٍ واحد فلن تخرج إلى اللانهاية ، بل ستعود إلى نقطة إبتداءك. وستكون حينئذ قد درت حول الكون دون أن تصل إلى حافة . فليس للكون حواف أو حدود، ولكنه مع ذلك متناه كسطح الكرة(١١٢). ولو أننا مثّلنا للمجرات بنقاط ملونة على سطح بالون من المطاط، فإن كل مجرة سوف ترى الصورة العامة نفسها للكون. ليس الكون مابداخل البالون أو خارجه، وإنما هو سطحه. ولو أننا وسعنا البالون، فإن الإنفصال بين المجرات سيزداد بطريقة متماثلة، إذ تتحرك كل مجرة مبتعدة عن الأخرى، لكن أياً منها لاتستطيع الزعم بأنها مركز هذا التوسع لأن ما يتسع أو يتمدد هو متصل الزمان-مكان نفسه. أو بعبارة أدق، هى الطبقة التحتية Sub-stratum الحاملة للمادة الكونية(١١٣).

وبهذا التفسير تخلص "آينشتين" من مقولة اللاتناهى بكل ما تحمله من صعوبات علمية وفلسفية. وبات من اليسير أن ندرك بداية محددة لمتصل الزمان-مكان، فإذا كان الكون الكرى المقفل، آخذاً على ما يبدو فى التوسع، فمن المعقول إذن أن نفترض أن كل المجرات كانت فى وقتٍ ما من الماضى

---

(١١١) آينشتين : المرجع السابق ، ص ١٠١.

(١١٢) إدنجتون : الكون يزداد إتساعا (ترجمة د.طلبة السيد عوض & عبد الحميد حمدى مرسى ، مراجعة علـى مصطفى مشرفة، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة ١٩٥٦) ص ٢٦ ، ص ٤٢.

(١١٣) نفس المرجع ، ص ص ٨٢ – ٨٣ وأيضا : إيين نيكلسون : المرجع السابق ، ص ص ٢٤٣ – ٤٤.

متلاصقة ببعضها البعض. وإذا تتبعنا الأمر إلى أبعد من ذلك، فلابد وأن مادة الكون بأكملها كانت مُركزة فى كرة نارية شديدة الحرارة من المادة والإشعاع. وفى لحظة ما، واجهت هذه الكرة إنفجارا هائلاً* Big Bang كان هو البداية لمتصل الزمان-مكان. ولاجدوى من التساؤل عما حدث قبل الإنفجار الهائل، لأنه يبدو أن الزمان والمكان بالمعنى الذى نستخدم به هذين المصطلحين لم يكونا موجودين ببساطة قبل هذه اللحظة(١١٤).

أما عن المستقبل، فتتنازعه عدة إفتراضات. نذكر منها أولا الإفتراض القائل بـ"تذبذب الكون" Oscillating Universe . فلو أن فى الكون مادة كافية، فربما تؤدىالقوة الجاذبة المجتمعة للمادة إلى إيقاف التوسع، ثم إرتداده فى نهاية المطاف، بحيث ينتج عن ذلك إنهيار لكل المادة الموجودة بالكون، فيما قد يصح أن نُطلق عليه إسم "الإنكماش العظيم" .Big contraction .

---

* يحظى هذا الفرض المفسر لنشأة الكون ، والمعروف بنظرية "الإنفجار العظيم" ، بقبول واسع النطاق بين معظم الفيزيائين والفلكيين فى عصرنا الحاضر. وكان الفيزيائى الروسى - الأمريكى "جورج جاموف" G.Gamow (١٩٠٤ - ١٩٦٨) هو أول من صاغ هذا الفرض صياغة واضحة عام ١٩٤٨. لكنه ظل مفتقرا إلى الدليل التجريبى حتى عام ١٩٦٥، حين التقط الفيزيائيان الأمريكيان "أرنو بنزياس" A.Penzias (١٩٢٣-؟) و "روبرت ويلسون" R.Wilson (١٩٣٦-؟) بمحض الصدفة وباستخدام جهاز ضخم لإلتقاط الموجات القصيرة شعاعا ضعيفا منبعثا من الفضاء. وحيث أن هذا الإشعاع لم يكن أشد كثافة فى إتجاه الشمس، أو فى إتجاه مجرة "درب التبانة " Milky way ، فقد استنتجا أنه يمثل بقية من الإشعاع الأصلى الناتج عن الإنفجار العظيم. وبهذا الدليل القائم على المعاينة، ثبت فرض "جاموف" بشأن نشأة الكون. أنظر : روبرت أغروس& جورج ستانسيو: العلم فى منظورة الجديد، ص٦١.

(١١٤) إيين نيكلسون : الزمان المتحول ، ص ٢٤٤ وأيضا د. كارل ساغان : الكون ، ص ص ٢١٩-٢١.

ويوحى هذا الفرض بأن إنفجاراً عظيما آخر سوف يعقب عملية الإنهيار. وأن الكون ربما ظل يتذبذب على هذا النحو بين "إنفجار" و"إنكماش" إلى الأبد(١١٥)، مما يذكرنا بنظرية "نيتشه" فى التكرار الأبدى والزمان المغلق (ف ٨٤).

على أنه إذا كانت المادة الكونية غير كافية- وهذا إفتراض آخر- فسوف يستمر التوسع إذن دون توقف. وهنا قد يبلغ الكون نهايته فى "الإنسحاق العظيم" big crush كما بدأ فى الانفجار العظيم. ووفقا للشواهد الفلكية الحاضرة يبدو أن الخيار الثانى هو الأقوى(١١٦)*.

هناك إفتراض ثالث، نذكره فقط لقيمته التاريخية، حيث أدى إكتشاف "بنزياس" و"ويلسون" لبقايا الإشعاع الكونى الناجم عن الإنفجار العظيم، إلى إستبعاده بشكل قاطع من قائمة الفروض القابلة للتحقق. ويقضى هذا الافتراض المعروف بنظرية الحالة المستقرة للكون steady-state theory ، بأنه لما كانت تطورات الفيزياء النووية تنبؤنا بأن كل العناصر الثقيلة فى الكون قد تكونت أصلا نتيجة لتحول الهيدروجين داخل النجوم، فلابد إذن من أن الكون كله تقريبا كان مركبا فى البداية من الهيدروجين، وأن هذا العنصر

---

(١١٥) روبرت أغروس& جورج ستانسيو : المرجع السابق ص ٦٢.

(١١٦) إيين نيكلسون: المرجع السابق، ص ٢٤٩.

* تأكيدا لهذا الإفتراض، أعلن علماء الفلك الأمريكيون فى مطلع العام الحالى (١٩٩٦) ، أن صور النجوم المنفجرة التى إلتقطها التليسكوب الفضائى "هابل" ، تشير إلى أن الكون قد بدأ يتعرض لبطء فى معدل نموه عن طريق التمدد ، وذلك فيما يمكن أن يكون مؤشرا إلى بداية إنهياره فى عملية الإنسحاق العظيم. ويؤكد العلماء فى الوقت ذاته أن هذه المرحلة لن تأتى قبل عشرات المليارات من السنين (عن جريدة الأهرام القاهرية ، العدد ٣٩٨٥٤، الخميس ١٨ يناير ١٩٩٦، ص٥).

قد تولد، وسوف يظل يتولد تلقائيا دون توقف، ليبقى الكون مستقرا إلى مالا نهاية(١١٧).

ومهما يكن من أمر ، يبدو من الأفضل، بل ومن الأبسط ، أن نُقر أولا وأخيرا بسلطان الإرادة الإلهية، وبقدرة الله اللامحدودة على الخلق والإفناء وقتما شاء، وكيفما أراد، وإلى هذه النتيجة ينتهى الفيزيائى الإنجليزى "إدوارد ميلن" E. Milne (١٨٩٦- ١٩٥٠) بعد طول تمعن فى الكون المتمدد، حيث يقول :"أما العلة الأولى للكون فى سياق التمدد فأمر إضافتها متروك للقارئ، ولكن الصورة التى لدينا لا تكتمل بغير الله"(١١٨).

١٠٥- مما سبق، يتضح أن النسبية بشقيها الخاص والعام، كانت هى القمة التى تربع فوقها مفهوم الاتصال دون منازع. ولا يعنى ذلك أن الصعود إلى القمة قد تم بقفزة مفاجئة قام بها "آينشتين"؛ بل لقد كانت هناك درجات مرحلية مختلفة من الكشف العلمي، نجح آينشتين فى أن ينسق بينها بطريقة جمالية مبُسطة. فهنالك مثلا قوانين نيوتن للحركة، ومعادلات ماكسويل، وتحويلات لورنتز، وفضاء منكوفسكى الرباعى الأبعاد، وهندسة ريمان الكروية. هناك بالإضافة إلى ذلك تعريفٌ واضح للاتصال وضعه "كانتور" (ف ٧٧) ونجح بمقتضاه فى تحرير الإتصال من قبضة المتناقضات الخاصة باللاتناهى. كل هذه العوامل يسرت الطريق أمام آينشتين، وأتاحت له رسم الصورة العامة المتصلة للظواهر الكونية. أفلا يمكننا إذن المصادرة على تحقق الإتصال فى الطبيعة ؟؟ .

---

(١١٧) أغروس & ستانسيو : المرجع السابق ، ص ٦٢.

(118) Milne, E.,quited in Jastrow, R. : God and the Astronomers, Norton, N. Y, 1978, P.112.

نقلا عن المرجع السابق ، ص ٦٤.

الحق أننا نستطيع - على المستوى المحلى - أن نحصر معرفتنا بالعالم الخارجى بين حدين أساسيين: قطر الأرض (٦٣٧٠كم = ٦,٣٧×١٠^٨ سم). وأبعاد البكتريا (١μ=١٠^-٤سم). ومن داخل هذين الحدين تتفق الهندسة الإقليدية والميكانيكا الكلاسيكية مع التجربة(١١٩)، ويوفران لنا من الأدوات ما يكفى للحكم بتحقق الاتصال. ولكن الإنسان دفع بالتجربة إلى ما وراء هذين الحدين، وذلك فى مجال النجوم، وفى مجال الذرة. ولدينا مقداران يميزان هذين الحدين الجديدين : المسافة التى تفصلنا عن أقرب النجوم إلينا (٣×١٠^١٨سم) ، وقطر نواة الذرة (١٠^-١٣سم) (١٢٠). وقد رأينا فى المجال الأول كيف كان الاتصال سيدا للموقف. فهل نستطيع إذن تعميم هذه السيادة بحيث تشمل كافة الظواهر الفيزيائية بما فيها ظواهر المجال دون الذرى ؟؟ .

هذا ما كان يصبو إليه آينشتين ورفاقه، لكن لعلماء الكم رأى آخر لانستطيع إغفاله.

ثالثا : الكم والإنفصال فى المجال دون الذرى.

١٠٦- وضعتنا نسبية آينشتين أمام تقرير صارم بشأن علاقتنا كذوات إنسانية بالعالم الخارجى. تلك المشكلة الفلسفية القديمة التى ما برحت تؤرقنا. وفحوى هذا التقرير بعبارة "آينشتين أن الحقيقة الفيزيائية تتسم بطبيعتها المستقلة عمن يكابدونها"(١٢١). فإذا قلنا مثلا أن الإتصال قائم فى الطبيعة، فمعنى ذلك أنه موجود كخاصية من خواص الظواهر الفيزيائية، سواء أدركنا ذلك أم لم

(١١٩) موريس دوكين : المادة وضد المادة ، ص ص ٣١-٣٢.

(١٢٠) نفس الموضع .

(١٢١) آينشتين : النسبية الخاصة والعامة، ص ١٢٩ & أفكار وآراء ، ص ١٣٤.

ندركه. وما علينا سوى أن نُجهد أنفسنا لإستشفاف هذه الحقيقة بواسطة التأمل العقلى والإستنتاجات الرياضية.

ولو أننا أمعنا النظر فى هذا التقرير لوجدنا أنه لايختلف كثيراً عما سبق وأقره "نيوتن"، فكلاهما يُسجل للعالم الخارجي موضوعيته المطلقة، ويُرسى للحقيقة قواعد إستقلالها عن الذات العارفة، حتى ولو إختلفت طرائق الوصول إلى هذا الرأى بين كل من "نيوتن" و "آينشتين".

ونلقى الآن وجهاً آخر من أوجه الحقيقة الفيزيائية، تُسجله لنا ميكانيكا الكم من داخل بُعدٍ جديد من أبعاد العالم الخارجى، ألا وهو البُعد الذرى. فلئن كانت الميكانيكا الكلاسيكية قد أحكمت قبضتنا على عالم المقاييس الإنسانية، بينما فتحت نسبية آينشتين أمامنا طريقا لإستكشاف الفضاء النجمى حتى أبعد نقاطه، فقد حملتنا ميكانيكا الكم إلى داخل الذرة، تلك الوحدة المادية اللامرئية التى إعتبرها "نيوتن" - بإيحاء من ديموقريطس - بناءً مصمتاً لامنقسماً، فإذا بها تستجيب لمحاولات إختراقها فتنقسم، لتكشف عن عالم جديد، تلتصق فيه الذات بالموضوع، ويبدو "الإنفصال" من خلاله وكأنما أبى إلا أن يشارك الإتصال تبوأه لعرش الفيزياء.

١٠٧- ويرجع شرف الريادة فى عملية تحليل جسد الذرة الدقيق إلى الفيزيائى الإنجليزى "جوزيف طومسون" J. Thomson (١٨٥٦-١٩٤٠) الذى بدأ عام ١٨٨٦ سلسلة من التجارب فى مجال التفريغ الغازىGas Discharge- أى مرور التيار الكهربائى خلال الغازات- توجها عام ١٨٩٦ بعثوره على الإلكترون منطلقا من الذرة. فكان هذا الكشف بمثابة البداية لإقتحام عالم الذرة ورسم نموذج عقلى له(١٢٢).

---

(122) Textbook of elementary physics, Vol (2) , P205.

لقد تخيل "طومسون" الذرة ككرة متجانسة من الكهارب ذات الشحنة الموجبة، تتوغل بداخلها الحبيبات الإلكترونية الخفيفة سالبة الشحنة، إلى أن يتحقق نوع من التوازن بين المجموع الكلى لكلا النوعين من الشحنات: الموجبة والسالبة. وهكذا تبدو الذرة فى النهاية كلاً محايداً من الوجهه الكهربائية(١٢٣).

وإنطلاقا من هذا النموذج شرع العلماء فى تفسير بعض خواص المادة التى كانت معروفة حتى ذلك الحين. منها على سبيل المثال: إنبعاث الضوء المرئى من الأجسام المُسخنة إلى درجات حرارة عالية، وإنبعاث أشعة إكس إذا ما إصطدم سيل من الإلكترونات السريعة بهدف مادى يعترضه، وأخيرا ظاهرة النشاط الإشعاعى الطبيعى التى إكتشفها الفيزيائى الفرنسى "بيير كورى" P. Curie (١٨٥٩-١٩٠٦) ، وزوجته البولندية الأصل "مارى كورى" M. Curie (١٨٦٧-١٩٣٤) ، والمتمثلة فى إنبعاث الإشعاعات: ألفا، وبيتا، وجاما، من الذرات الثقيلة كذرات اليورانيوم والراديوم(١٢٤)*.

---

(١٢٣) موريس دوكين: المرجع السابق ، ص ١٦.

(١٢٤) نفس الموضع.

* نظرا لعدم إدراك "طومسون"لوجود النواة داخل الذرة ، فقد إقتصر تفسير العلماء وقتئذ لظاهرة النشاط الإشعاعى بإرجاعها إلى الحركة الإهتزازية السريعة للإلكترونات. ومن المعروف الآن أن هذه الظاهرة ناتجة عن عملية التحول التلقائى للأنوية غير الثابتة أو النشطة أو المشعة لذرات عنصر ما إلى أنوية ذرات عنصر آخر عن طريق إنبعاث أشعة ألفا Alpha أو بيتا Beta أو جاما Gamma . والأولى عبارة عن دقائق مادية موجبة الشحنة ، تماثل تماما نوى ذرات الهيليوم، وهو غاز خامل خفيف جدا ، وتبلغ شحنتها ضعف شحنة الألكترون ، حيث تساوى الأخيرة =

لكن القفزة الكبرى فى بناء النموذج الذرى تمت عام ١٩١١، حين نشر الفيزيائى النيوزلندى "إرنست رذرفورد" E. Rutherford (١٨٧١-١٩٣٧) تقريرا حول تجاربه الخاصة بإختراق جسيمات ألفا لذرات ورقة رقيقة من الذهب. إذ لاحظ أن معظم هذه الجسيمات قد مرت مروراً مباشراً خلال الورقة، الأمر الذى يؤكد أن الذرة ذات بنية مخلخلة جداً، وليست ممتلئة تماما بالكهارب الموجبة كما إقترح "طومسون". ثم لاحظ "رذرفورد" أمراً أثار دهشته، ذلك أن بعضا من جسيمات ألفا قد إرتد من الورقة عائداً إلى منبعه، فأستنتج من ذلك وجود نواة صلدة موجبة الشحنة فى مركز الذرة، لأنه ما كان لجسم مادى أن يصد جسيما موجب الشحنة إلا إذا كان هو نفسه ذا شحنة موجبة. ولما كانت النواة موجبة، فليس من المعقول إذن أن تكون الإلكترونات بداخلها، بل لابد وأن تكون من البعد عنها بحيث لاتستطيع شحنتها السالبة أن تلغى شحنة النواة الموجبة[١٢٥].

وهكذا أوشكت صورة الذرة أن تتضح : فى المركز شحنة موجبة يتركز فيها مجموع الكتلة تقريبا، إنها النواة* . أما هذا الفضاء الضخم الذى يغلف

=(-١,٦×١٠-١٩ كولوم) . أما أشعة بيتا فهى حزم من الإلكترونات السريعة، لها قدرة إختراق أكبر من أشعة ألفا. وأما أشعة جاما فتشبه فى خواصها أشعة أكس، وإن كانت تفوقها نفاذا.

See : Textbook , Vol (3) , PP 402-409.

(١٢٥) ويلسون : الطاقة ، ص ص ١٦٩-٧٠ .

* من المعروف الآن ان النواة بدورها تحتوى على نوعين من الجسيمات الأولية ، الأول يعرف بـ"البروتون" ، وله شحنة كهربائية موجبة مساوية لشحنة الإلكترون . أما الثانى فيعرف بـ"النيوترون" ، وهو خال من الشحنة. وهكذا تكون الدقائق الأساسية المكونة للذرة هى الإلكترون والنيترون والبروتون.

See : Textbook, Vol (3) , PP 438 FF.

النواة، فيحتوى على الشحنات السالبة، وتلك هى الإلكترونات السريعة ذات الحركة الكوكبية. والتى يكون عددها بحيث يجعل الذرة متعادلة كهربائيا(١٢٦).

ورغم فاعلية هذا النموذج فى تفسير الخواص المختلفة للمادة على نحو أدق مما أتاحه نموذج "طومسون"، إلا أنه عجز عن إستيعاب أهم ملمح من الملامح المميزة للذرة، ألا وهو ثباتها الهائل. فقد نستطيع تمثيل الحركة الإلكترونية حول النواة بحركة الكواكب حول الشمس، ولكن علينا أن نتذكر أن للإلكترون طاقة، وأن هذه الطاقة – وفقا لمعادلات ماكسويل – لابد وأن تتبدد بالحركة الدورانية، مما يعنى حتمية إقتراب الإلكترون من النواة، وسقوطه بداخلها خلال جزء ضئيل من الثانية. فكيف نفسر إذن هذا الثبات الهائل الذى تتسم به الذرة ؟؟. لم يستطع "رذرفورد" تقديم تفسير شافٍ لهذه السمة، لكن التفسير الواضح والشاف جاءنا عن طريق عالم شاب من الدنمارك، يدعى "نيلزبوهر" N. Bohr (١٨٨٥-١٩٦٢) كان مشبعا بفرض جديد يعرف بفرض الكم(١٢٧).

أ- نظرية الكم Quantum Theory

١٠٨- يرتبط ميلاد فكرة الكم بظاهرة فيزيائية مألوفة للحس المشترك، تعرف بظاهرة "الإشعاع الحرارى" Thermal radiation . فإذا سُخنت قطعة من المادة – ولتكن ساقاً من الحديد مثلا– إلى درجة حرارة عالية، فإنها تبتدئ فى التوهج، وتبعث إشعاعا أحمر. ومع إستمرار التسخين يتحول

---

(١٢٦) موريس دوكين : المادة وضد المادة ، ص ١٧.
Also Textbook, Vol (3), PP 377-378.
(127) Morris, R: Dismantling the universe, OP-Cit, PP 74-75.

لون القطعة إلى البرتقالى فالأصفر، وأخيرا إلى اللون الأبيض الجامع لكافة ألوان الطيف المعروفة(١٢٨)*.

هذه الظاهرة على بساطتها، كانت موضعاً لإهتمام العلماء خلال الربع الأخير من القرن التاسع عشر، لاسيما بعد أن لاحظوا تباين الأطوال الموجية للإشعاعات الناجمة عن المادة المسخنة، وإرتباط ذلك التباين بدرجات الحرارة المختلفة لتلك المادة. ومن جملة القياسات والتجارب التى أجريت فى ذلك الحين، توصل العلماء إلى قانونين رياضيين يحكمان الظاهرة، ويتفقان مع الروح العامة للميكانيكا الكلاسيكية، حيث الإعتقاد الجازم بإتصال الظواهر الفيزيائية، ومنها الإشعاع. هذين القانونين هما(١٢٩):-

١- قانون إستيفان -بولتزمان :- [نسبة إلى عالمى الفيزياء النمساويين "جوزيف استيفان" J. Stefan (١٨٣٥-١٨٩٣) & "لودفيج بولتزمان" L. Boltzmann (١٨٤٤-١٩٠٦)] . وينص على أن معدل الطاقة

(١٢٨) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة، ص ٢١.

* من المعروف أن لون الإشعاع الناجم عن التسخين لايعتمد كثيرا على سطح المادة، وإنما على درجة حرارتها. وقد إكتشف الفيزيائى الألمانى "جوستاف كرشوف" G.Kirchhoff (١٨٢٤-١٨٨٧)عام ١٨٥٩ أن الجسم الجيد الإمتصاص يكون أيضا جيد الإشعاع. وبذلك يكون الجسم الأسود Black Body الذى يمتص كل الأشعة التى تسقط عليه هو أفضل الأجسام المشعة، وأكثرها ملائمة لإجراء التجارب.

See : Textbook, Vol(3) , PP 325-26

(١٢٩) د. محمد على العمر : مسيرة الفيزياء ، ص ٦١.

الإشعاعية المنبعثة من الجسم الأسود كل ثانية يتناسب مع درجة الحرارة المطلقة* للجسم مرفوعة للأس الرابع.

٢- قانون فين الإنزياحي: [نسبة إلى الفيزيائي الألماني "وليم فين" W. Wien(١٨٦٤-١٩٢٨)]. ويقول بأن المنحنى الطيفي الممثل للطاقة الإشعاعية المنبعثة من الجسم الأسود يبلغ ذروته عند طول موجة معين. وأن طول هذه الموجة يتناسب عكسيا مع درجة حرارة السطح. بمعنى أن هناك مدى موجي معين تبلغ عنده شدة الإشعاع نهايتها العظمى. وينزاح هذا المدى نحو الطول الموجي الأقصر مع إرتفاع درجة الحرارة .

وعندما دخل "ماكس بلانك" هذا المجال البحثي عام ١٨٩٥، كانت كل المحاولات التي بُذلت لدمج القانونين في قانونٍ واحد مُركب -يتوافق والمعطيات التجريبية- قد باءت بالفشل. فلقد كان التقليد السائد يوُحي بأن الإشعاع لابد وأن ينبعث على نحو متصل. ومن ثم فإن ذرات الجسم الساخن تستطيع الإهتزاز بأي مقدار من الطاقة مهما كان صغيرا. ولكن بإستخدام هذا التصور، فشل العلماء في تفسير كيف تتوزع طاقة الإشعاع بين الأطوال

---

* تحسب درجة الحرارة المطلقة بداية من الصفر المطلق. وهذا الأخير يساوى وفقا للقياسات الحديثة حوالى ٢٧٣,١٥ درجة تحت الصفر، وهي الدرجة التي تتوقف عندها الحركة الحرارية تماما. ويسمى تدريج درجات الحرارة المطلقة المحسوب إبتداء من هذا الصفر المطلق بتدريج – أو مقياس – كلفن **kelvin temperature scale** نسبة إلى الفيزيائي الإنجليزى "لورد كلفن" . ويرمز لدرجات هذا التدريج بالرمز **ko** .

أنظر: لانداو وآخرون: الفيزياء العامة، البند(٥٠) ، ص ١٧٩ & وأيضا معجم الفيزيقا الحديثة، مادة "مقياس كلفن لدرجة الحرارة" جـ١، ص١٥١.

الموجية المختلفة، الأمر الذى أصبح يُمثل فجوة ساطعة فـي المعرفـة العلميـة لاسبيل إلى ملئها[١٣٠].

وهكذا وجد "بلانك" نفسه أمام ورطة نظرية، لامخـرج لـه منهـا إلا بنبـذ الفرض القديم واللجوء إلى الفرض المضـاد القـائل بـأن الإشـعاع ينبعـث، لا على شكل تيار متصل، وإنما على شكل دفقات منفصلة، يمثل كل منها جـزء لايتجزأ من الطاقة[١٣١] . بعبارة أخـرى، لاينبغـى لـذرات الجسـم السـاخن أن تهتز مع كل القيم الممكنة للطاقة، وإنما تهتز فقط عندما تكون طاقتها مساوية لمقدار يتناسب مع التردد* Frequency، وبـالذات عندمـاتكون الطاقـة (ط) مساوية للمقدار (هـ ء) أو (٢هـ ء) أو (٣ هـ ء) أو . . . (ن هـ ء).

حيـث (ء) هـو تـردد الجسـم، (هــ) مقـدار ثـابت يعـرف بــ "ثـابت بلانـك" Plank constant، ويسـاوى (٦,٦٢٥×١٠ -٣٤جـول/ ث). أمـا الكمية (هـ ء) فقد أطلق عليها بلانك إسم "وحدة الكم" أو "الكوانتم"[١٣٢].

١٠٩- والحق أن بلانك لم يكن ثوريا بطبعه، وإنما كـان كلاسـيكيا محـافظـاً، أمينا على أفكار القرن التاسع عشر، لكن النتيجة التى إنتهى إليها عام ١٩٠٠ كحل لمشكلة الإشعاع الحرارى، وضعته رغم أنفه فى مصاف الثوريين[١٣٣].

---

(130) Morris : OP. Cit, P66.

(131) Ibid.

* "التردد" هو عدد الذبذبات الكاملة فى الثانية، التى يؤديها نظام إهتزازى، ويقاس بوحـدة الهرتـز Hertz، المنسوبة إلى الفيزيائى الألمانى "هرتز" تقديرا لأعماله. (معجم الفيزيقـا الحديثـة، مـادة "تردد"، جـ١، ص١٠٨).

(132) Eddington, A.S. :the nature of the physical world, J. M. Dent& Sons Limited, London, 1928, P.153.

(133) OP. Cit, P65.

ولاغرو، فقد كانت فكرته عن الكم من الجدة بحيث لم يكن من المستطاع تكييفها داخل الهيكل التقليدى للفيزياء. ورغم محاولاته المتتالية لمصالحة هذه الفكرة مع القوانين الأقدم للإشعاع، إلا أنها كانت تطل برأسها فى كل مرة مُعلنة جدارتها بالتبنى. وهكذا عاشت فكرة الكم بلا إستقرار لمدة خمس سنوات، تنتظر الدعم والتأييد، وهو ما تحقق عام ١٩٠٥ حين نشر آينشتين تفسيره لظاهرة "التأثير الكهروضوئى" Photoelectric effect ، مُعلنا ذرية الإشعاع [١٣٤]*.

والتأثير الكهروضوئى ظاهرة فيزيائية من إكتشاف الفيزيائى الألمانى "هاينريخ هيرتز"، وتتمثل فى إنبعاث الإلكترونات من سطوح المعادن تحت تأثير الإشعة الضوئية أو فوق البنفسجية[١٣٥]. ولما كانت النظرية الموجية للضوء وقتئذ فى أوج إنتصاراتها بفضل أبحاث "فرينيل" و "فوكوه" (ف ٨٨)، فقد جرى تفسير الظاهرة بإرجاعها إلى الطاقة التى يمتصها الإلكترون من الإشعاع بشكل متصل. ويتبع ذلك أن تكون طاقة الإلكترون المنتزع من سطح المعدن متناسبة مع شدة الموجة الساقطة، بغض النظر عن تردد الإشعاع. ومن ثم فلا بد وأن تتوقف الظاهرة تماما إذا ما كان المصدر

---

(١٣٤) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة، ص ٢٢.

* لايعنى ذلك تحمس آينشتين للقول بالإنفصال فى المجال دون الدرى على حساب الإتصال، ذلك أن إسهاماته فى ميدان الكم كانت مرتبطة دائما بعاكيد ثابت على أنها نظرية غير مكتملة، يؤكد ذلك محاولاته التى إستمرت حتى وفاته عام ١٩٥٥ لإستكمال نظرية المجال الموحد unified Field Theory التى تجمع بين قوانين الجاذبية والكهرومغناطيسية تحت لواء مقولة الإتصال.

See: Morris, OP. Cit, PP 71 FF.

(١٣٥) دوكين : المادة وضد المادة ، ص ٣٦.

الضوئى بعيدا عـن المـادة (نتيجـة لضعف شـدة الموجـة)، بينمـا يـزداد عـدد الإلكترونات المنتزعه، وتزداد طاقتها، إذا ما كان المصدر قريبا[١٣٦].

على أنـــه لوحـــظ خلال التجارب التـى أجراهـــا الفيزيـائى الألمـانى "فيليـب لينـارد" Ph. Lenard (١٨٦٢-١٩٤٧) حـول هـذه الظـاهرة شـيئ مختلف تماما. ذلك أن أضعف تيار من الإشعاع ينتج عنه تسرب عدد محدود من الإلكترونات ، بحيث يتحرك كل إلكـترون بنفس القـوة التـى يتحـرك بهـا تحت تأثير تيـار أشـد. أمـا إذا أنقصنـا تـردد التيـار، أى غيرنـا اللـون بإتجـاه الأحمـر، فـإن الظـــاهرة تتوقـف فجـأه. ومعنـى ذلـك أنـه وإن كـان عـدد الإلكترونات المنطلقة مـن سـطح المعـدن يتناسـب مـع شـدة الإشـعاع، إلا أن طـاقتها تعتمد فقط على التردد وليس على الشدة[١٣٧].

وبينما عجزت النظرية الموجية عن تفسير الظاهرة، وجد "آينشـتين" فـى فرض بلانك الكماتى تفسيرها المناسب، فـأعلن أن امتصـاص الإشـعاع مـن قِبل المادة إنما يتـم بطريقـة متجزئـة، وأن لهـذا الإشـعاع نفسـه بنـاءً حبيبيـاً، قوامه كمات صغيرة من الضوء تعرف بـ"الفوتونات" Photons ، لكل منهـا طاقة مسـاوية للمقـدار (هـ د) – حيث هـ ثـابت بلانـك ، د تـردد الإشـعـاع السـاقط –فـإذا إنخفـض الـتردد عـن حـد معيـن يعـرف بـ"تـردد المَبْدَى"* threshold frequency ، تكـون طاقـة الفوتـون أقـل مـن الطاقـة اللازمـة

(١٣٦) نفس المرجع، ص ٣٧.

(١٣٧) نفس الموضع، وأيضا :

جيمس جينز : الفيزياء والفلسفة ، ص ١٧٧.

* تردد المَبْدَى هو تردد أصغر كم ضوئى يكفى لإطلاق فوتو إلكترون من جسـم جامد أو سائل. (معجم الفيزيقا الحديثة، مادة "تردد المبدى" ، جـ٢ ، ص ٣٢١).

لنزع الإلكترون من سطح المعدن. أما إذا كان تردد الإشعاع مساويا لتردد المبدى ، فإن طاقة الفوتون حينئذ تكون كافية فقط لتحرير الإلكترون، دون أن تمنحه أى قدر من طاقة الحركة.

ومن ثم فإن إكتساب الإلكترون لطاقة الحركة يستلزم أن يكون تردد الإشعاع أكبر من تردد المبدى، وذلك وفقا للمعادلة[١٣٨] :-

ش = هـ د - هـ د م

(حيث (ش) طاقة حركة الإلكترون، (هـ د) طاقة الفوتون، (هـ د م) هى الطاقة اللازمة لإنتزاع الإلكترون من سطح المعدن، أى أن (د م) هو تردد المبدى) .

ومن الطبيعى أن يكون لكل عنصر فلزى نهاية صغرى لتردد الإشعاع الضوئى القادر على تحرير الإلكترونات (تردد المبدى)، أى أن لكل عنصر بداية كهروضوئية[١٣٩].

ولا شك أننا بهذا التفسير نعود بشكل ما إلى القول ببناء جسيمى للضوء، إلا أننا على أية حال نُواجَه أيضاً بعنصر موجى لاغنى عنه، ألا وهو التردد.

هذا فضلا عن أن الفوتون الذى يتبدى لنا كجسيم من خلال ظاهرة التأثير الكهروضوئى يعلن أيضا، وبقوة ، عن خواصه الموجية من خلال ظواهر أخرى كالتداخل والحيود (ف٨٨) مثله فى ذلك مثل الإنسان الواحد، يظهر مشاعر الود والحب تجاه ذويه، ولكنه يظهر أيضا مشاعر العداء تجاه

(138) Textbook , Vol (3) , p 334.

(١٣٩) جينز : المرجع السابق ، ص ١٧٧.

خصومه. إنه فى النهاية الشخص ذاته. أليس من الطبيعى إذن أن نوحد بين مفهومى الموجة والجسيم إذا ما أردنا فهم طبيعة الضوء(١٤٠).

١١٠- الخطوة الهامة التالية فى مجال الكم، قام بها "بوهر" عام ١٩١٣ على صعيد الذرة. ففى الوقت الذى وصلت فيه جهود "رذرفورد" الرامية إلى استكمال بناء نموذجه الكوكبى للذرة إلى طريق مسدود، تقدم "بوهر" بافتراض جرئ يحمل حلا لصعوبات ذلك النموذج، لاسيما التناقض الواضح بين القول بحركة مدارية تستنزف طاقة الإلكترون وبين الثبات الهائل للذرة (ف١٠٧).

ويقضى إفتراض "بوهر" بأن إنبعاث طاقة الإلكترون من داخل الذرة، لايمكن أن يتم بطريقة متصلة، وإنما بطريقة منفصلة، قوامها المقدار (هـ د) المساوى لطاقة الفوتون. بعبارة أخرى، قرر "بوهر" تكميت طاقة الذرة إقتداء ببلانك الذى كمتّ طاقة الإشعاع(١٤١).

ولتحقيق ذلك إختار "بوهر" معالجة ذرة الهيدروجين، بوصفها أبسط أنواع الذرات، فهى تحوى إلكترونا واحدا يدور بمفرده حول النواة. ثم أضاف إلى تصورات "رذرفورد" عددا من المسلمات يمكن تعميمها على كافة أنواع الذرات، وهى(١٤٢) :-

١- تتحرك الإلكترونات حول النواة فى مدارات محددة definite orbits تعرف باسم "مستويات الطاقة" energy levels . ولا يجوز لأى الكترون أن يتحرك فى غير المدار المخصص له.

---

(١٤٠) د. محمد على العمر : مسيرة الفيزياء ، ص ٦٧.

(١٤١) دوكين : المادة وضد المادة ، ص ٤٢.

(١٤٢) نفس المرجع ، ص ٤٣ . وأيضا :

Text book , Vol (3) , pp 387 FF.

٢- لايصدر الإلكترون أى إشعاع طالما كان يتحرك فى مستوى الطاقة الخاص به.

٣- عندما يقفز الإلكترون من مستوى طاقة أعلى إلى مستوى طاقة أقل، فإنه يصدر كمّاً من الطاقة (هـ د) مساو لمقدار الفرق فى الطاقة بينهما، أى أن : هـ د = طا٢-طا١

(حيث طا٢ طاقة الإلكترون فى المستوى الأعلى، طا١ طاقته فى المستوى الأدنى). والعكس صحيح، إذ يمكن للالكترون أن يمتص كمّاً من الطاقة قادما من الخارج، فينتقل بذلك من مستوى إلى مستوى أعلى منه.

وبهذا التصور تجاوز "بوهر" قوانين "ماكسويل" الحاكمة لحركة الشحنات الكهربائية، وبدت الذرة لاكتركيب دائب التغيير، يتسرب منه الإشعاع كما يتسرب الغاز من البالون المثقوب، بل كتركيب يطلق ويمتص الإشعاع فى صورة وحدات كماتية محددة[١٤٣]، تحفظ للذرة ثباتها المعهود، وتفتح الطريق أمام مقولة الإنفصال، لتحتل مكانها المتميز فى قلب الفيزياء الذرية المعاصرة.

ب- الميكانيكا الموجية Wave Mechanics.

١١١- ورغم التوافق الفريد الذى حققه نموذج "بوهر" مع النتائج التجريبية، إلا أنه كان يحتاج لبعض التحسينات. وتلك هى المهمة التى قام بها الفيزيائى الألمانى "أرنولد سمرفيلد" A.Sommer feld (١٨٦٨-١٩٥١) عام ١٩١٦، حين ضم إلى مدارات "بوهر" الدائرية، مدارات أخرى للإلكترون

(١٤٣) جينز : الفيزياء والفلسفة، ص ١٩٩.

على شكل قطع ناقص ellipse ، وهى أكثر عمومية من المدارات الدائريـة. كما إستخدم الميكانيكا النسبية لمعالجة حركة الإلكترون فى مداراته(١٤٤).

ومن ناحية أخرى، قام الفيزيائى النمساوى "فولفجانج باولى" W.Pauli (١٩٠٠-١٩٥٨) عام ١٩٢٤ بتنظيم مواقع الإلكترونـات علـى المـدارات المختلفـة داخـل الـذرة، وذلـك بصياغتـه لمبـدأ الإسـتبعاد exclusion principle، الذى ينص على أنه "لايمكن لإلكترونين متجاورين فى مجموعة كمية واحدة أن تكون لهما نفس الحالة الكمية تماما". بمعنى أن لكل إلكترون داخل الذرة منسوبا كميا يحدد موقعـه علـى المـدار المخصـص لـه، ولايمكن لأى إلكترون آخر أن يشغل هذا الموقع إلا بمغادرة الأول له. وقد ساعد هـذا المبدأ على فهم النمـاذج المعقدة لمواقـع الإلكترونـات داخـل ذرات العنـاصر المختلفة، ومن ثم تحديد الخواص الكيميائية لتلك العناصر(١٤٥).

ومع كل هذه الجهود بقيت صورة الذرة باهتة يشـوبها بعـض الغمـوض، فالميكانيكا النسبية التى إستخدمها "سمرفيلد" وغيره فى مجـال الكـم، هـى فـى جوهرهـا ميكانيكـا للمتصـل، تسـتقيم للنظريـة الموجيــة. ولكننــا نعـالج الآن وحدات كماتية محددة، تُرسخ مقولة الانفصال. ألسنا إذن فى حاجة إلى توليفة جديدة من المعادلات تخبرنا بحق عما يدور داخل الذرة؟ .

كان هذا هو السؤال الأكثر إلحاحا بين جموع الفيزيائيين فى ذلك الوقت. أما إجابته، فلم تتضح حتى أعلن الفيزيائى الفرنسى "لويس دى بروى" L.de

---

(١٤٤) د. محمد على العمر : المرجع السابق، ص ٧٧ .

(145) Crease,R.P. & Mann,C.C. : the second creation' "Makers of the revolution in twentieth century physics" ,Macmillan publishing compony, N.y, 1986, p 95.

Broglie (١٨٩٢-١٩٨٧) مشـروعه لتأسـيس الميكانيكـا الموجيـة عـام ١٩٢٥.

أعاد "دى بروى" طرح السؤال ليحمل إجابته فى داخله، ثم وضعه فى صورة فرض أساسى على النحو التالى : "لقد جزأ التكميت - إستنادا إلى العلاقة الأساسية (ط=هـ د) - الإشعاع الذى كان من قبل لايتميز إلا بالتردد وحده. ألا يُضفى هذا التكميت إذن - إذ يتسلل إلى الذرة لكى يحدد فيها حالات ثابتة للإلكترون - طابعا موجيا على الحبات النهائية للمادة"؟[١٤٦] .

وإنطلاقا من هذا الفرض، إمتد "دى بـروى" بثنائيـة "الموجـة - الجسيم" التى تميز بهـا فوتـون "آينشـتين" ، إلـى الجسـيمات الأوليـة للمـادة لاسـيما الإلكترونات وبات من الضرورى أن يكـون لكـل إلكـترون موجـة مصاحبـة، طولها (λ) مساو لحاصل قسمة ثابت بلانـك (هـ) علـى كتلـة الإلكـترون × سرعته . هذه الموجة تحمل الإلكترون أينما توجّه ، وتحدد لـه الإتجـاه الذى ينبغى أن يتبعه[١٤٧].

وسرعان ما توالت التأييدات التجريبية لهذا الفرض، ففـى عـام ١٩٢٦ ، أعلـن الفيزيائيـان الأمريكيـان : "كلنـت جوزيـف دافيسـون" C.J.Davisson (١٨٨١-١٩٥٨) & و"هلبرت جيرمر" H.Germer (١٨٩٦-١٩٧١) من جـانب، والفيزيـائى الإنجليزى "جـورج بـاجت طومسـون" G.P.Thomson (١٨٩٢-١٩٧٥) من جانب آخر، أنـه عندمـا تعبر حزمـة من الالكترونـات إحدى الرقائق المعدنية الرفيعة جدا، تتولد ظواهر حيـود مشـابهة لتلك التى نحصل عليها بإنعكاس اشعة إكس. وهكذا فالإلكترونـات التـى تعبر المعدن

---

(١٤٦) دوكين : المرجع السابق ، ص ٥٤.

(١٤٧) هوفمان : قصة الكم المثيرة ، ص ٦٥.

تنحرف، لا كما تنحرف الجسيمات، ولكن كما تنحرف موجات ترددها أكبر بحوالى مليون مرة من تردد الضوء المرئى[١٤٨].

وبهذا الدعم التجريبى أصبح لموجات المادة وجودا واقعيا لامراء فيه، وإكتسبت النظرية الموجية صفة الشريك الأساسى فى عملية الحركة الإلكترونية داخل الذرة.

١١٢- وكان من الطبيعى إزاء هذا الظهور المفاجئ لموجات "دى بروى" أن يشتعل الصراع من جديد بين النظريتين : الموجية والجسيمية. أو بتعبير أدق، بين مقولتى الإتصال والإنفصال. فمن جانبه جاهد "دى بروى" فى سبيل الحصول على تفسير لحركة الإلكترون داخل الذرة، يوحد بين المقولتين، ويشبع فى الوقت ذاته تصور الفيزياء الكلاسيكية لفكرة السببية[١٤٩] ، فاقترح ضرورة تفسير الشرط الكماتى فى نموذج "بوهر" على أنه تعبير عن موجات المادة، بحيث يكون طول محيط المدار الإلكترونى حول النواة مساوياً لعدد صحيح تام من مضاعفات طول الموجة[١٥٠] .

لكن إقتراح "دى بروى" كان يفتقر إلى المعادلات الرياضية اللازمة لإعطاء التوصيف الكامل له وهو ما تحقق من خلال تطويرين مختلفين. أما التطوير الأول فقد قام به الفيزيائى الألمانى "فيرنر هايزنبرج" W. Heisenberg (١٩٠١-١٩٧٦)، الذى نجح قبل نهاية عام ١٩٢٥ فى إبتكار وسيلة رياضية بارعة لإعطاء هذا التوصيف، عُرفت بإسم "ميكانيكا

---

(١٤٨) دوكين: المرجع السابق ، ص ٥٥.

(١٤٩) نفس المرجع، ص٥٦.

(١٥٠) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة، ص٢٦.

المصفوفات" Matrix Mechanics، أو - بشكل أكثر عمومية - "ميكانيكا الكم"[١٥١].

والمصفوفات فى لغة الكم ماهى إلا تمثيل رياضى صورى على هيئة جداول مربعةً لمجموعتين من الكميات، تُحددان حركة الإلكترون داخل الذرة، ونرمز لهما بالحرفين م،ك (حيث تشير (م) إلى مكان الإلكترون، بينما تشير (ك) إلى كمية حركته المساوية لحاصل ضرب كتلته × سرعته) وقد رأينا من قبل أن طول موجة "دى بروى" مساوٍ لحاصل قسمة ثابت بلانك على كمية حركة الإلكترون أى أن :

$$\lambda = هـ / ك$$

أما عناصر هذه المصفوفات فتمثل الترددات المختلفة المرتبطة بالقيم المتغيرة لكل من م، كـ . وباستبدال المعادلات المعبرة عن هذه المصفوفات بمعادلات الحركة لنيوتن إستطاع هايزنبرج أن يستخلص القيم الصحيحة لمستويات الطاقة بطريقة صورية بحتة[١٥٢].

أما التطوير الثانى فقد أنجزه الفيزيائى النمساوى " إروين شرودنجر" E.Schrodinger (١٨٨٧-١٩٦١) فى أوائل عام ١٩٢٦.

بدأ "شرودنجر" من حيث إنتهى "دى بروى"، ثم إستطاع من خلال توليفة جديدة من المعادلات، تجمع بين قوانين "نيوتن" لحركة الجسيمات المادية، وقوانين "ماكسويل" للمجال، أن يصل إلى "المعادلة الموجية" wave

(١٥١) نفس المرجع، ص٢٧.

(١٥٢) نفس الموضع .

equation، أو إلى القانون الذى تنبث وفقا له الموجات من مادة ما، تقع تحت تأثير مجال كهرومغناطيسى(١٥٣).

وبهذه المعادلة التى عُرفت فيما بعد بـ "معادلة شرودنجر" Schrodinger equation، إزدادت ثقة العلماء فى صحة التعبيرات الرياضية المصورة لحركة الإلكترونات داخل الذرة، لاسيما بعد أن أثبت " شرودنجر" تطابق " الميكانيكا الموجية" التى إستكمل بناءها مع "ميكانيكا الكم". وبالتالى فإن ثمة تعبيرين رياضيين مختلفين لموضوع واحد(١٥٤). ولكن بأى معنى فيزيائى يمكن ترجمة البناء الرياضى للذرة ؟ .

إن مفارقات الثنائية بين الصورة الموجية والصورة الجسيمية لم تنته بعد. لقد كانت مختبئة بطريقة ما فى النسق الرياضى.

جـ- تفسير كوبنهاجن Copenhagen interpretation.

١١٣- أثارت معادلة "شرودنجر" فور ظهورها جدلا واسعا فى الأوساط العلمية حول المعنى الفيزيائى لبنيتها الرياضية. فإذا كان الإلكترون "موجة" كما تخبرنا المعادلة، فما هى طبيعة تلك الموجة؟. هل هى كموجات "ماكسويل" الكلاسيكية؟ وإذا كانت هكذا بالفعل، فهل يعنى ذلك أن سلوك الإلكترون داخل الذرة يتم على نحو متصل؟ بل وإذا كان ذلك صحيحاً، فأين إذن قفزات الكم التى قال بها "بوهر" وتحمس لها "هاينزبرج" ؟؟ .

---

(١٥٣) هايزنبرج: الجزء و الكل (محاورات فى مضمار الفيزيقا الذرية، ترجمة وتحقيق محمد أسعد عبد الرؤوف، تقديم د.على حلمى موسى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٦) ص ٩٤ .

(١٥٤) نفس الموضع.

لقد ترددت هذه الأسئلة وغيرها كثيرا على ألسنة الفيزيائيين خلال تلك الفترة، ولم يكن من السهل تقديم إجابة شافية بلغة الفيزياء الكلاسيكية، تلك التى تنطلق بمفاهيم الزمان، والمكان ، والسببية، كأطر حاملة للحقيقة الفيزيائية.

التفسير الأشهر فى هذا الشأن هو ذلك الذى تقدم به "بوهر" وزميله الالمانى "ماكس بورن" M.Born (١٨٨٢-١٩٧٢) بإستخدام مفهوم "موجة الإحتمال" probability wave. ووفقا لهذا التفسير ليست الموجات الإلكترونية التى تصفها المعادلة موجات حقيقية ذات أبعاد ثلاثة. ولكنها فقط موجات إحتمال، تُحدد شدتها فى كل نقطة، إحتمال أن تبعث الذرة – أو تمتص – فى هذه النقطة كمّاً ضوئيا، وذلك وفقا لقياسات إحصائية متوسطية(١٥٥).

بعبارة أخرى، ليست الموجات سوى تركيبات عقلية تمكننا، لامن رؤية ما سوف يحدث، ولكن ما يجوز أن يحدث. فنحن لانعرف مثلا أين يوجد الإلكترون داخل الذرة، ولكننا نعرف بالطبع أنه يجب أن يوجد فى حيز محدود من المكان، هو ذلك الذى تخططه الموجات فى كل لحظة. وقد نعرف أنه من الأرجح أن يكون فى المنطقة (أ) بدلا من غيرها (ب). فإن صح هذا فالموجات تمثل هذه المعرفة على أنها أشد فى المنطقة (أ) من المنطقة (ب) ، وهكذا(١٥٦).

---

(١٥٥) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة ، ص ٢٨.

(١٥٦) جينز: الفيزياء والفلسفة، ص ١٨٦.

الموجات إذن بالمفهوم الكمى هى نزعة إلى شئ ما. شئ يقف فيما بين فكرة الحدث والحدث الواقعى، أو هى نوع من الواقع الفيزيقى يقع وسطا ما بين الإمكان والواقع(١٥٧).

١١٤- كان هذا التفسير مرضيا لعدد كبير من علماء الكم، أولئك اللذين أزعجهم أن يكون الاتصال سمة حقيقية من سمات الظواهر الذرية. لكنه على أية حال لم يكن ليرض عدداً آخر، لعل أبرزهم فى هذه المرحلة "شرودنجر" نفسه، الذى حاول من خلال بحث له بعنوان "أثمة قفزات كم ؟ " أن يهجر تماما فكرة القفزات الكماتية، وأن يُحل موجات المادة ثلاثية الأبعاد محل الإلكترونات داخل الذرة(١٥٨).

لقد إعتقد " شرودنجر" أنه بالانتقال من فكرة الجسيمات البحتة إلى فكرة الموجات المادية يمكننا التغلب على كل المتناقضات التى حالت دون فهم صحيح لنظرية الكم.

فموجات المادة يجب أن تكون عمليات ظاهرية فى " الزمان " و" المكان"، بنفس المنطق الذى تعودنا به أن ندرك " الموجات الكهرومغناطيسة" أو " الموجات الصوتية " فى الفيزياء الكلاسيكية. ومن ثم فإن عنصر " الانفصال" الذى يُعلن عن نفسه بوضوح من خلال قفزات الكم، يجب أن يختفى تماما من النظرية(١٥٩).

يقول " شرودنجر": " هناك يزعم البعض أن الالكترون الموجود فى ذرة ما يدور فى " مسار" معين بطريقة دورية دون أن يُشع. بيد أن هؤلاء لا

---

(١٥٧) هايزنبرج : المرجع السابق ، ص ٢٨ .

(١٥٨) نفس المرجع، ص ٢٩، ص ١٠٠.

(١٥٩) هايزنبرج: الجزء والكل، ص ٩٥.

يُعطون أسباباً واضحة لعدم إشعاع الإلكترون ، فنحن نعرف وفقاً لنظرية "ماكسويل" ، أن الإلكترون المتحرك لابد وأن يُشع طاقة ثم بعد ذلك يقول البعض أن الإلكترون يقفز من هذا المسار إلى آخر، مما يؤدى إلى وقوع عملية الإشعاع. وإذن فالسؤال المنطقى هو : هل يتم هذا الإنتقال بالتدريج أو فجأة ؟. إذا كان يتم بالتدريج فإن على الإلكترون أن يغير "تردد دورانه" و"طاقته " بالتدريج. . . أما إذا حدثت عملية الإنتقال فجأة . . . فعلينا أن نسأل أنفسنا عن كيفية ترك الإلكترون لمساره أثناء عملية القفز . لماذا لايُشع الالكترون اثناء ذلك طيفا متصلا كما تتطلب نظرية الظواهر الكهرومغنطيسية ؟. وتحت أى قانون تتم حركته خلال القفز ؟. ومن هنا فإن كل التصورات حول القفز الكمى ما هى إلا أوهام كاذبة"(١٦٠).

كانت تلك هى إحدى مقولات "شرودنجر" أثناء حوار دار بينه وبين "بوهر" فى خريف عام ١٩٢٦، ولم ينته الحوار إلى نتيجة حاسمة، بل ظهر أن كلا التفسيرين ينقصه الثبات المنطقى. وعلى حين ظل "شرودنجر" متمسكا بموقفه دون تعديل، توصل " بوهر" و" هايزنبرج"، كل على حدة، إلى تفسير جديد يُعرف الآن بتفسير كوبنهاجن. ومنذ الأشهر الأولى لعام ١٩٢٧، وحتى يومنا هذا، إكتسب هذا التفسير لقب التفسير الرسمى للنظرية.

١١٥- صاغ "هايزنبرج" تفسيره الجديد إنطلاقا من حوار بينه وبين "آينشتين" تم فى نفس الوقت الذى تحاور فيه " بوهر" و" شرودنجر" ، حيث قال آينشتين : " لعله من الخطأ تأسيس نظرية ما على الكميات القابلة

---

(١٦٠) هايزنبرج : الجزء والكل (من محاورة بين "بوهر" و "شرودنجر" تمت بمنزل "بوهر" فى خريف عام ١٩٢٦) ص ص ٩٧-٩٨.

للمشاهدة فقط، ذلك أن الواقع هو العكس تماما، فالنظرية هى التى تحدد ما يمكن مشاهدته، كما أن المشاهدة فى حد ذاتها تعد عملية معقدة للغاية"[١٦١].

هذه المقولة لأينشتين كانت فى نظر " هايزنبرج" هى المفتاح السحرى لبوابة الكم المغلقة. فلقد أظهرت التجارب أننا لانستطيع تحديد موضع الإلكترون وسرعته داخل الذرة بالدقة الكافية- نتيجة لقصور أجهزة القياس ، فضلا عن تأثيراتها- ولكن هل يعنى ذلك أننا لا نستطيع تمثيل هذين المقدارين رياضياً بطريقة تقريبية، أو بشئ من عدم الدقة؟. وللإجابة عن هذا التساول حشد " هايزنبرج" كل إمكاناته الرياضية، حتى أثبت فى النهاية أننا نستطيع ذلك، وأن ثمة معادلة رياضية تصف العلاقة بين عدم الدقة لكلا المقدارين، هى تلك المعروفة الآن بـ "مبدأ اللا يقين" [١٦٢] Uncertainty Principle ، وينص هذا المبدأ ببساطة على أن "حاصل ضرب مقدارى اللايقين لكل من موضع الإلكترون وكمية حركته (حيث تساوى كمية الحركة كتلة الالكترون مضروبة فى سرعته) لايمكن أن يقل عن مقدار ثابت معين، هو ثابت بلانك"[١٦٣]. فإذا رمزنا لمقدار اللا يقين بالرمزΔ فإن :

$$\Delta \text{م} \times \Delta \text{ك} = \text{هـ}$$

(حيث م موضع الالكترون، وكـ كمية حركته) .

ومعنى ذلك اننا لانستطيع مطلقا تحديد موضع الإلكترون وسرعته بدرجة كافية من الدقة فى وقت واحد ، ذلك أن زيادة الدقة فى تعيين

---

(١٦١) نفس المرجع، ص ٨٦.

(١٦٢) نفس المرجع، ص ١٠٢ .

(١٦٣) فليب فرانك : فلسفة العلم، ص ٢٦٢.

الموضـع لابد وأن تكـون علـى حسـاب إنخفـاض الدقـة فـى تعييـن السـرعة، والعكس صحيح(١٦٤).

فـإذا مـا تسـاءلنا عـن طبيعـة الإلكـترون وفقـا لهـذا المبـدأ، لجاءنـا رد "هايزنبرج" بأن طبيعته لا تعنينا، فقد يكون الإلكـترون "موجـة" أو " جسـيماً " تبعا لمصطلحاتنا الكلاسيكية، ولكنه فى عالم الكم يفقد شـيئيته الماديـة ليغدو مجرد تشفير تجريدى لمجموعة من الإمكانات أو النتائج المحتملـة للقياسـات. بعبارة أخرى، لم يعد للالكترون وجود موضوعى بالمعنى المادى للكلمة، بـل أصبح مجرد رمز رياضى يحمل صفة الإمكان الواقعى(١٦٥).

ولقد أكد "بوهر" مـن جـانب آخـر هـذا الغمـوض المتـأصل فـى النظـم الكماتية حين صـاغ "مبدأ التتام" complementarity principle الشـهير، ليعمم بذلك مبدأ اللايقين لهايزنبرج. والنتيجة اللازمة عن هذا المبدأ هـى أن الصورتين الموجية والجسيمية للإلكترون، ما هما إلا وجهـان متتامـان لنفس الواقع، بحيث يُلغى ظهور أيا منهما الآخر. فإذا كانت إحدي التجارب تُفصـح عن الطبيعة الموجية للإلكترون، بينما تُفصح الاخرى عن طبيعته الجسـيمية، فلا غضاضة فى ذلك، ولكن الوجهان لايمكن أن يجتمعا فـى آن واحـد معـا. بل يرجع الأمر إلى المجرب ليقرر الوجه الذى يكشفه عندما يختـار تجربتـه. كذلك الحال لموقع الالكترون وكميـة حركتـه، فهمـا أيضـا صفتـان متتامتـان، وعلى المجرب أن يقرر أى خصيصة سيرصد(١٦٦).

---

(١٦٤) نفس المرجع ، ص ص ٢٦٦-٦٧.

(١٦٥) بول دافيز: مقدمة الترجمة الإنجليزية لكتاب هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة، ص ١٤ من الترجمة العربية.

(١٦٦) نفس المرجع، ص ١٥ .

تعقيب:

١١٦- وكأننا فى النهاية نعود إلى السؤال الأساسى الذى طرحناه فى بداية هذا الفصل دون إجابة قاطعة. كنا نتساءل عن مدى تحقيق الاتصال فى الطبيعة. وفى محاولة للوقوف على حقيقة الأمر، لجأنا إلى الفيزياء، فصاحبتنا عبر دروب ثلاثة طويلة، لكل منها تلاله ووديانه. يُعبر الدرب الأول منها عن عالم المقاييس الإنسانية المباشرة، المحدود بأبعاد الأرض والبكتريا. وقد سجلنا خلال هذا الدرب بعضا من مواقف العلماء الثابتة إبان القرن التاسع عشر، بشأن تحقق الاتصال. وذلك فى مجالات الحرارة والضوء والكهرباء. ففى الثرموديناميكا، أدى إكتشاف " كلاوزيوس " و"كارنو" للقانون الثانى- القائل بإستحالة إنتقال الحرارة من مكان بارد إلى مكان حار (ف٨٢) - إلى ترسيخ المبدأ المعروف بـ " لا إرتدادية العمليات الحرارية " (ف٨٣)، ومن ثم البحث فى البنية التوبولوجية لمتصل الزمان، بما يدعم القول بإتجاه خطى وحيد لهذا المتصل- نحو المستقبل. حيث يؤدى تصاعد " الأنتروبيا" الكونية نحو أقصى مقدار لها، إلى ما يُسمى بحالة " الاتزان " أو " الموت " الحرارى، فكان ذلك أول تمهيد فيزيائى للقول بمفهوم نسبى للزمان، يتجاوز الفرض النيوتونى القائل بإنسياب الزمان على نحو مُطلق ومستقل دون بداية أو نهاية (ف٨٤).

أما فى مجال الضوء، فقد جاءت أبحاث " يونج " و" فرينيل " و"فوكوه"، تأكيدا لفرض إتصال الظواهر الضوئية فى الزمان وعبر المكان (ف٨٨)، وإن كان هذا التأكيد يحمل فى طياته تصورا كيفيا لطبيعة المتصل الضوئى، يخالف التصور الجسيمى " لنيوتن " (ف٨٦)، ويدعم التصور الموجى لـ"هايجنز " (ف٨٧)، ومن ورائه فرض الأثير الغامض.

من جهة ثالثة، كان إقتراح " فاراداى" لـ " خطوط القوة " الرابطة بين الأجسام المادية المتجاذبة (ف ٨٩)، نصرا جديدا لفرض الاتصال، لا سيما بعد أن ترجم " ماكسويل " هذا الاقتراح إلى عدد من المعدلات التفاضلية الجزئية، تصف سلوك القوى الكهربائية والمغناطيسية الناجمة عن الشحنات و التيارات الموجودة فى النظم الفيزيائية المختلفة (ف٩٠)، مما كان إيذانا بنشأة مفهوم " المجال"، الذى أصبح جزءً اساسيا من أجزاء الواقع الموضوعى للفيزياء، ينازع الجسيمات فى أولية الوجود، ويُلغى تماما فكرة "التأثير عن بُعد" (ف٩١) .

ثم إنتقلنا فى مرحلة تالية إلى درب الكون الاكبر (الماكروكوزم)، حيث النجوم والكواكب وحركاتها التجاذبية المختلفة، فإذا بـ " آينشتين " ينثر الحروف والأرقام ويُعيد ترتيبها، ليُخرج لنا نظريته - الخاصة والعامة- فى النسبية، بما تحويه من تصورات ومفاهيم جديدة، تخرج عن مألوف الميكانيكا التقليدية و الكلاسيكية، بداية من إلغاء فكرة الأثير، والقول بثبات سرعة الضوء، ونسبية الحركات والكتل والأطوال (ف٩٧، ٩٨)، ومرورا بتجاوزمفهوم التزامن (ف٩٩)، ثم وصف البنية التوبولوجية -المتناهية واللا محدودة- للمتصل الكونى (ف١٠٤) . ورغم ما شاهدنا من غرابات فى هذا الدرب، إلا أننا لم نضل الطريق، فما زال للسببية مكان، وما زال الزمان والمكان متصلين ، وإن كانا قد اندمجا فى متصل واحد عرفناه بالزمكان .

لم تخرج النسبية إذن عن التوجه العام للفيزياء، قديمها وحديثها، بشأن فكرة الاتصال، بل لقد جاءت تدعيما لهذه الفكرة، وترسيخا لما يرتبط بها من مبادئ وفروض علمية وفلسفية، لعل أهمها مبدأ السببية والطابع الموضوعى

المطلق للمتصل الكونى، القائم بذاته خلف نسبية الحركات فى الزمان والمكان.

ثم خطونا أخيرا إلى درب الكم المثير، وتتبعنا مراحل البحث الفيزيائى فى ميدان كل من الإشعاع والذرة، منذ أن قام " بلانك" بـ تكميت طاقة الاشعاع (ف١٠٨)، وحتى رفع "بوهر" و"هايزنبج" راية الانفصال، كراية رسمية لعالم الكون الأصغر (الميكروكوزوم): فلا متسلسلات متصلة للزمان أو المكان، ولا دقة فى القياس، لا موضوعية للحقائق ، ومن ثم فلا حتمية !. حقا لقد دافع مبدأ الاتصال عن نفسه من خلال الميكانيكا الموجية لـ " دى بروى " (ف١١١)، والمعادلة الموجية لـ"شرودنجر"(ف١١٢)، لكن الأمر إنتهى على أرض "كوبنهاجن" ، بما يُشبه الهدنة أوالمصالحة بين مقولتى الانفصال والاتصال وذلك بصياغة "بوهر" و" هايزنبرج" لمبدأى " التتام " و" اللا يقين " (ف١١٥).

وهكذا خرجنا فى النهاية من حيث بدأنا، لنعيد التساؤل: أين الحقيقة؟ . أليست الذرة بعالمها الصغير هى إحدى مكونات عالمنا الكبير الذى خبرناه متصلا؟. بل أفلا يلعب الاتصال دوراً لا يمكن إنكاره داخل هذا الكون الصغير المدعوبالذرة ؟؟ .

الحق أننا لا نستطيع المصادرة على تفسير كوبنهاجن كتفسير نهائى. فمازلنا نحبو على طريق العلم، حتى وإن إخترقنا حدود الأرض والذرة. ولاينبغى أن تدفعنا كثرة الأتباع إلى مسايرة الركب. فللتفسير الإحصائى من المعارضين من لا تنقصهم الحُجة. ويكفى أن نشير إلى مقولة "آينشتين" التى رددها تلو المرة فى مواجهة " بوهر " :

" إن الإله لا يلعب بالنرد " (١٦٧) "God does not play dice" .

وقد لا يكفينا أن نستمع إلى رد " بوهر " الذى قال: " ولكن من البديهى أنه ليس من واجبنا أن نأمر الإله كيف يجب عليه أن يحكم العالم "(١٦٨).

لقد تحول العلماء إلى فلاسفة، أو هكذا تُعلن أقوالهم ، وبات من الضرورى تدخل الفلسفة، بماضيها وحاضرها، بوضعيتها وميتافيزيقاها ، أليست المشكلة فى جوهرها مشكلة فلسفية ؟. فلنتابع إذن الطريق تحت لواء الفلسفة، لعلنا نصل أخيراً إلى إجابة حاسمة عن سؤالنا الحائر.

---

(167) Morris.. OP.CIT, P73.

(١٦٨) هايزنبرج: الجزء والكل ، ص ١٠٥ (وقد وردت العبارة على لسان "بوهر" أثناء حوار بينه وبين "آينشتين" تم عام ١٩٢٧ على هامش مؤتمر " سولفاى" Solvay بـ "بروكسل").



إكمال التشبيه

تمهيد :

١١٧- "من أنت أيتها الطبيعة. فمنذ خمسين سنة، وأنا أبحث عنك، ولم أعثر عليك بعد! هل أنت فعّالة على الدوام؟ هل أنت سلبية؟ هل قامت عناصرك بتنظيم نفسها؟ ... هل لك عقلٌ يُوجه أفعالك؟".

هكذا تساءل "فولتير" Voltaire (١٦٩٤-١٧٧٨) عام ١٧٦٤ فى قاموسه الفلسفى[١]، معبراً عن حالة الإضطراب الفكرى التى أصابت الإنسان إزاء الطبيعة وعملياتها. ورغم ما شهده العلم - عبر سنواتٍ طوال - من تطورات جريئة، تُوجت بظهور نظريتى الكم والنسبية، إلا أن هذا التساؤل ما زال قائماً. حقاً لقد إستجابت الطبيعة لنداء العقل، فانتظم عالمها وفقاً لقوانين ومعادلات رياضية، ولكن مهلاً: ألم تنته الرياضيات فى أواخر القرن التاسع عشر إلى قرار إبستمولوجىٍ يقضى بوقف الزج بمفاهيمها إلى عالم الحواس، والإرتقاء بها إلى عالم التفكير العقلى المجرد دون أدنى إهتمام بما تسجله الخبرة الحسية؟ بل ألم تصل فيزياء القرن العشرين إلى قناعةٍ بالإجراء القضائى الشائع: "يبقى الوضع على ما هو عليه" ، فتركتنا نتنازع حول مصطلحات ونقائضها، كالإتصال والإنفصال، والحتمية واللاحتمية، والآلية والغائية؟.

يبدو إذن أننا لم نتقدم كثيراً نحو فهمٍ موحدٍ للطبيعة. تلك الأمنية التى طالما راودت "آينشتين"، وداعبت خيال "هايزنبرج"، كلٌ بمنظوره العلمى ورؤاه الفلسفية. ومادام الأمر كذلك، فقد أصبح من الضرورى إستدعاء

---

(١) فرانكلين - ل - باومر : الفكر الأوربى الحديث، الاتصال والتغير فى الأفكار، جـ٢، القرن الثامن عشر، (ترجمة د.أحمد حمدى محمود، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٨)، ص ٧٣.

الفلسفة، لتدلى بدلوها فى مشكلات طالما أثيرت تحت لواءها. لكنها الآن -أى الفلسفة- تحمل أثقالاً علمية هائلة، عليها تحليلها وإعادة بناءها، أو بالأحرى عليها توظيفها فلسفياً.

نخصص هذا الفصل لواحدة من تلك المشكلات، بل لعلها أكثرها إثارة وصعوبة، ألا وهى مشكلة السببية. ولا نهدف من ذلك إلى تقديم حلٍ لها، فهى كما خبرناها من المشكلات المتلونة دائماً بألوان باحثيها، بحيث يصعب إنتظار حلٍ لها يوصى بنفسه فى كل الأزمنة وفى كل الحضارات(٢). وإنما نهدف إلى التحقق من فرض أساسى من فروض هذا البحث، نزعم من خلاله وجود علاقة وثيقة بين مقولتى الاتصال والسببية. فحيثما ثبت تحقق الاتصال بين حوادث الطبيعة، ثبتت بالتالى العلاقة السببية بين تلك الحوادث. والعكس صحيح، بمعنى أن غياب الاتصال، يعنى زوال التأثيرات الرابطة بين الأسباب ونتائجها.

يرتبط بهذا الفرض عددٌ من التساؤلات نحاول الإجابة عنها، لعل أهمها ما يلى:

أ- هل تنطوى العلاقة السببية على ترابط ضرورى بين الأسباب ونتائجها، بحيث يؤدى ظهور السبب إلى حتمية ظهور النتيجة عبر سلسلة من الحوادث المتصلة زمكانياً؟.

ب- وإذا كانت السببية تستلزم إتصال الحوادث، فهل يعنى ذلك أنها مقولة عقلية تسعى إلى التحقق التجريبى، أم أنها مقولة تجريبية تستند إلى إدراكات الحواس؟.

---

(2) Plank, M: The philosphy of physics, Translated by W. H. Johnston, George Allen & Unwin Ltd, London, 1936, P-43.

جـ- ماذا عن القانون السببى، هل يمثل الصورة الوحيدة للقانون العلمى، أم أنه لايعدو أن يكون شكلاً من أشكاله؟. وهل إستطاعت القوانين الإحصائية تنحيته عن عرش العلم؟.

وقبل أن نبحث عن إجابة لتلك التساؤلات، ينبغى أن نُبرر إستخدامنا لمصطلح "السببية"، وليس "العلية" كترجمة لكلمة Causality . فالسبب فى اللغة هو "الحبل" ، أو "ما يُتوصل به إلى غيره عبر وسيط أو وسائط"(٣). وهذا هو المعنى المفهوم من آى الذكر الحكيم: ﴿ إذ تبرأ الذين إتُبِعُوا من الذين إتَّبَعُوا ورأوا العذاب وتقطعت بهم الأسباب ﴾ (البقرة ١٦٦) & ﴿ من كان يظن أن لن ينصرهُ الله فى الدنيا والآخرة فليمدد بسببٍ إلى السماء ثم ليقطع فلينظر هل يُذهبن كيده ما يغيظ ﴾ (الحجر ١٥).

أما "العلة" فهى "ما يترتب عليه أمر" آخر بالإستقلال، أو دون وسيط بينهما"(٤). وعلى هذا، وما دمنا نرفض فيزيائياً إمكانية التأثير عن بُعد، ونزعم إتصال الحوادث والتأثيرات عبر وسائط مُفسرة ، فمن الأجدر إذن القول بالسببية وليس بالعلية.

أولاً: العلاقة السببية بين الإمكان والضرورة.

أ- تحليل أرسطو للسببية:

١١٨- جرت العادة على أن يبدأ أى بحثٍ علمى فى السببية بالإشارة إلى "أرسطو". ليس لأنه أول من قال بها، وإنما لأنه أول من قام بتوظيفها فى

(٣) المعجم الوجيز، مادة "سبب"، ص ٢٩٩ & وأيضاً:
جميل صليبا : المعجم الفلسفى، (دار الكتاب اللبنانى، بيروت، ١٩٧٣)، المجلد الأول،مادة "سبب"،ص ٦٤٨.

(٤) المعجم الوجيز ، مادة "علّ" ، ص ص ٤٣١-٣٢.

خدمة المعرفة العلمية. وذلك حين جعل مهمة العالِم هى البحث عن أسباب الظواهر، وفهم ما يعتريها من تغييرات(٥). هذا فضلاً عن أن قسمته الرباعية للأسباب، أو للإجابات المفترضة إذا ما طُرح التساؤل: "لماذا" Why ؟ أو "لأى سبب" Because of what ؟ تُمثل نموذجاً للتفسير الكامل لأية ظاهرة جزئية تواجه العالِم أو الفيلسوف، وهو ما حدا بالبعض إلى تسمية المنهج الأرسطى بمذهب الأسباب الأربعة(٦).

فالسبب عند "أرسطو"، إما أن يكون "مادة" أو "صورة" أو "حركة" أو "غاية". كأن نقول مثلاً أن للتمثال سبباً مادياً Material case هو مادته التى صُنع منها، وسبباً صورياً Formal case هو فكرته الموجودة فى ذهن المثّال، وسبباً محركاً أو فاعلاً Efficient case هو المثّال الصانع له، وأخيراً سبباً غائياً Final case هو الهدف الذى من أجله أُخرج التمثال من القوة إلى الفعل(٧).

ورغم أن هذه الأسباب تعمل مُجتمعة فى تفسير الشئ أو الظاهرة، إلا أن العلم بها درجات، وأسمى درجات العلم بالسبب يُمثل أسمى مراتب المعرفة(٨). ولما كانت الميتافيزيقا أسمى العلوم، حيث يصل صاحبها إلى العلم

---

(٥) د. محمد محمد قاسم: برتراند رسل، الإستقراء ومصادرات البحث العلمى، (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٣)، ص١٥٢.

(6) See Ackrill, J. L. : Aristatle the philosopher, Oxford University Press, London, 1981, P-36 & Also Carr, B.: Metaphysics, An introduction, Macmillan education Ltd., London, 1987, P-74.

(7) See Carr, OP-Cit, PP. 74-75.

(٨) د. مصطفى النشار : نظرية المعرفة الأرسطية، دراسة فى منطق المعرفة العلمية عند أرسطو (دار المعارف، القاهرة، ١٩٨٦) ، ص٢٤٧.

بالمُحرك الأول اللامتحرك، ومن ثم معرفة "الغاية" التى تجرى إليها عمليات الطبيعة، فالسببية إذن مبحث ميتافيزيقى يصلح معياراً للتمييز بين مراتب المعرفة المختلفة[٩].

١١٩- فإذا تساءلنا: هل تنطوى العلاقة السببية على ترابط ضرورى بين الأسباب ونتائجها؟ لجاءنا جواب "أرسطو" بالإيجاب. يتضح ذلك من خلال مبحثين هامين فى مذهبه. أولهما المنطق ، لاسيما نظريته فى القياس، والثانى بحثه فى الطبيعة. فلو نظرنا إلى منطق "أرسطو"، لوجدنا أنه بدوره مبحث ميتافيزيقى، ينقسم الوجود من خلاله إلى عشر حلقات منطقية كبرى هى "المقولات" ، كالجوهر والكم والكيف ... إلخ. هذه المقولات تحصر كل ما يمتلئ به العالم من موجودات عن طريق معانيها أو صورها. (فالجوهر يحصر كل الأنواع أو الصفات النوعية، والكم كل الأبعاد والمقادير، والكيف كل الصفات ... وهكذا). وبهذا الحصر يستطيع الذهن أن يتبين سعة كل حلقة أو مقولة، ومن ثم إمكان إندراجها بعضها تحت بعض، أو تداخل بعضها فى بعض، ليصبح الحكم فى النهاية مُعبراً عن إندراج الموضوع فى محمول، أو تداخل حلقة ضيقة هى الموضوع فى أخرى أوسع هى المحمول، ويحدث بذلك إرجاعٌ لكثرة الموجودات إلى وحدات أعلى فأعلى حتى الإنتهاء إلى فكرة الوجود وهى أعم الأفكار[١٠].

---

(٩) أنظر أرسطو: دعوة للفلسفة، "بروتر يبتيقوس" ترجمة وتقديم د. عبدالغفار مكاوى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧)، ب٣٢، ٣٣، ص ص ٤١-٤٢.

(١٠) د. محمد ثابت الفندى : أصول المنطق الرياضى (دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية، ١٩٨٧) ، ص ص٦٩-٧٠.

ويبرز "أرسطو" فكرة الضرورة فى تعريفه للقياس Syllogism ، حيث

يقول : "هو قولٌ متى قُررت فيه أشياء معينة نتج عنهـا بـالضرورة شئ آخر

مختلف عما سبق تقريره"[11]. ومن الواضح أن الضرورة التى يعنيها "أرسطو"

هنا إنما هى ضرورة منطقية، تُعبر عن رؤيته للعالم ككل متناسق ومعقول

يتسلسل من الوحدة إلى الكثرة، مما يذكرنا بالجدل النازل عند "أفلاطون"، وإن

كان القياس الإرسطى مختلفاً عنه فى نقطة جوهرية، ألا وهى "الحد الأوسط"

الذى يسمح بتداخل حلقة فى أخرى ، ليعطى "سبباً" لإنتاج نتيجة القياس[12]*.

ورغم منطقية الضرورة عند "أرسطو"، إلا أن ذلك لايعنى آليتها، بل

يعنى بالأحرى غائيتها، وهو ما يبدو جلياً فى دراسته للطبيعة التى تُعد تطبيقاً

دقيقاً لنظريته المنطقية فى مراتب الموجودات، بدءً من المادة الأولى التى

لاصورة لها، وحتى المحرك الأول اللامتحرك، وهو صورة خالصة بلا مادة.

فإذا كانت الطبيعة منتظمة، وحركاتها متصلة فى الزمان والمكان المتصلين

(ف٢٦)، فمن الطبيعى أن يكون هناك ترابط ضرورى بين الأسباب ونتائجها

لا على نحو آلى، ندرك فقط من خلاله كيفية حدوث الشئ، وإنما على نحو

غائى يحملنا إلى الهدف الذى يسعى إليه الشئ. يقول "أرسطو" : "لما كان

النظام يسود الطبيعة كلها، فإنها لاتفعل شيئاً بالصدفة، وإنما توجه كل شئ

---

(١١) د. على عبدالمعطى محمد & د. ماهر عبدالقادر محمد : المنطق الصورى (دارالمعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٢) ص ٢٩٤.

(١٢) د. محمد ثابت الفندى : المرجع السابق، ص ٧٠.

* من المعروف أن القياس ضربٌ من الإستدلال الإستنباطى، يحتوى على مقدمتين ونتيجة، وماهية هذا النوع عند "أرسطو" لزوم النتيجة عن المقدمتين عن طريق الحد الأوسط الذى تشترك فيه مقدمتا القياس ، ولا يظهر فى النتيجة. راجع : المعجم الفلسفى، مادة "قياس" ، ص ١٤٩ & مادة "حد" ، ص ٦٩.

٧٨

نحو هدف محدد. وهى حين تستبعد الصدفة (والإتفاق) تحرص على تحقيق الهدف (أو الغاية) بقدر يفوق كل فن بشرى"(١٣).

هكذا يولى "أرسطو" عناية خاصة لفكرة الغائية، فيجعل منها طابعاً عاماً لمذهبه. ولقد هوجمت فلسفته، ولاتزال تُهاجم، بسبب هذه الفكرة، لاسيما من قبل العلم الحديث، وبعض مناصرى النظرة المادية فى عالمنا المعاصر، والحُجة فى ذلك أن القول بالغائية يعوق البحث العلمى من جهتين: فهو أولاً يُخل بالترتيب الزمنى لعلاقة الأسباب بنتائجها، فإذا سُئلنا مثلاً: لماذا يمشى فلان؟ قلنا : لكى يكون صحيحاً. فكيف يمكن إذن للصحة، وهى سبب غائى، أن تأتى لاحقة على المشى الذى يُمثل النتيجة؟(١٤). هذا من جهة ومن جهة أخرى لسنا بحاجة فى العلم إلى معرفة الغاية التى تهدف إليها عمليات الطبيعة، وإنما يكفينا دراسة الأسباب الفاعلة أو المحركة وصياغتها فى صورة رياضية تمثل قانوناً عاماً يحتمل التعديل(١٥). ففى الأبحاث الطبية مثلاً لايهمنا أن نعرف أن غاية الأذن هى سماع الأصوات، وإنما يهمنا معرفة الكيفية التى ينتقل بها الصوت من مصدره إلى الأذن، وكيفية تأثيره عليها ليُسبب الإحساس بالسمع. وهكذا يمكننا صياغة قانون عام يصف الظواهر السمعية.

ومع ذلك نستطيع الدفاع عن "أرسطو" بعين آراؤه، فنقول أن كوناً تحكمه ضرورة غائية أكثر قبولاً لدى العقل من كون تحكمه ضرورة عمياء

---

(١٣) أرسطو : دعوة للفلسفة ، ب ٢٢، ص ٣٨.

(14) Carr, OP-Cit, P-75.

(١٥) أنظر : د. زكى نجيب محمود: نحو فلسفة علمية (مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ١٩٦٨)، ص ص٢٨١-٨٢.

لاتفسير لها[١٦]. هذا فضلاً عن أن القول بالغائية لايخدم فقط مطالب العقل المجرد، وإنما يُفسر وقائع تجريبية تدركها الحواس، لعل أهمها إنتظام الطبيعة وتوازنها ووفرة أنساقها الجمالية. وليس غريباً أن يعود العلم المعاصر إلى القول بالغائية، فقط أدرك أصحابه - كما أدرك "أرسطو" - أن بالكون عنصر آخر لامادى، هو المبدأ الأول لحركته ونظامه وتدبيره، وبه نستطيع أن نمنح مفهوم الضرورة السببية تفسيراً ملائماً.

ب- السببية فى العصر الحديث :

١٢٠- فى العصر الحديث أدى تطور الفيزياء الجاليلية والنيوتونية إلى نشوء فهم للسببية كان فى جوهره مادياً آلياً. وقد تجلى هذا الفهم لدى معظم فلاسفة الحقبة الحديثة، الذين إتفقوا على القول بالسببية كمبدأ كلى طابعه الضرورة، وإن كانت تفسيراتهم لمعنى الضرورة أو مصدرها قد تباينت وفقاً لتباين نزعاتهم الفلسفية.

وأول ما يلفت النظر بشأن معالجة الفلاسفة المحدثين لمقولة السببية، أنهم جميعاً حاولوا الإجابة عن السؤال الإبستمولوجى لديكارت : كيف أعرف؟. فلقد جعل "ديكارت" من هذا السؤال أساساً لأية معرفة تُريد أن تكون واضحة ومتميزة. ورغم أنه كان يعنى بذلك الكشف عن المصدر الحقيقى لأفكارنا، أو لتصوراتنا المألوفة كالمكان والزمان والسببية ، إلا أن سؤاله ينطوى فى الحقيقة على سؤالين منفصلين: سؤال عن التصور، أو المعنى العقلى له، وآخر عن تطبيق التصور، أو التعريف الإجرائى له فى عالم الواقع. وبينما إهتم العقلانيون بالإجابة عن السؤال الأول، نجد التجريبيين وقد إنشغلوا بالإجابة

---

(١٦) د. محمود فهمى زيدان : مناهج البحث الفلسفى، ص ٤٤.

عن الثاني. ولعل هذا هو المنشأ لما ندعوه بمشكلات الزمان والمكان والسببية[17]. وسنعرض لبعض النماذج التي توضح ذلك.

١- فرنسيس بيكون F. Bacon (١٥٦١-١٦٢٦):

١٢١- لن نقف طويلاً عند "بيكون" ، ذلك أن قوله بالسببية وضرورتها لايستند إلى مناقشة أو برهان[18]. وإنما نشير إليه بإيجاز كرائد من رواد النزعة التجريبية فى العصر الحديث. فلقد حاول إحياء العلوم، أو بالأحرى نفض ما علق بها من غبار الميتافيزيقا اليونانية، فربط التسبيب Causation بالإستقراء Induction ، على ألا يكون السبب سوى ما دعوناه من قبل بالصورة form ، وهو إذ يستبعد المادة والحركة والغاية من قائمة الأسباب الأرسطية ، يفهم الصورة بمعنى مختلف عما قصد إليه "أرسطو" . فالصورة عند "أرسطو" تُعبر عن "ماهية الموجود" المتحققة بخروجه من القوة إلى الفعل. أما عند "بيكون" فهى "ماهية الكيفية" . حيث كان يعتقد أن بالكون عدد من الطبائع الخفية، تجتمع وتفترق بنسب متفاوته، فتتكون الأشياء الجزئية. ولا سبيل إلى فهم الطبيعة وحتميتها إلا بإستكشاف صور تلك الطبائع أو الكيفيات، لا عن طريق العقل، وإنما بمواجهة الظواهر تجريبياً[19]. وكما نلاحظ فإن

---

(17) Lucas: Space, Time and causality, OP-Cit PP-27-28.

(18) Kneale, W. : Probability and induction , Oxford University Press, London, 1949, P-110.

نقلاً عن د. محمود فهمى زيدان : الإستقراء والمنهج العلمى، ص ٦٦.

(١٩) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ص ٤٨-٤٩. & وأيضاً: د. محمود فهمى زيدان : المرجع السابق، ص ٦٧.

إعتقاد "بيكون" بالطبائع الخفية لايخلو من نزعة ميتافيزيقية تناقض صيحات الرفض التى أطلقها ضد مذهب "أرسطو".

٢- جون لوك J. Locke (١٦٣٢-١٧٠٤):

١٢٢- كان "لوك" أعمق من "بيكون" فى توضيح المذهب الحسى، والدفع به ضد مذهب "ديكارت" القائل بإحتواء العقل على أفكار فطرية تتسم باليقين. فالخبرة أوالتجربة عند "لوك" هى المصدر الوحيد لأفكارنا. ولدينا نوعين من التجارب: "الإحساس" Sensation الذى يعطينا أفكاراً بسيطة عن الصفات الحسية مثل الروائح والطعوم والألوان. والإستبطان Introspection وهو إدراك العمليات العقلية فينا. ويعطينا أفكاراً بسيطة مثل أفكارنا عن الإدراك والشك والمعرفة والإرادة[٢٠].

ومن هذه الأفكار البسيطة يتولى العقل صياغة الأفكار المركبة، وهى تلك التى لايقابلها شئ يمكننا معاناته بالإحساس أو بالإستبطان، وإنما هى من صنع العقل لأنه هو الذى يقوم بتركيبها مما سبق إكتسابه من أفكار[٢١].

وللأفكار المركبة أقسام ثلاثة ، وهى[٢٢]:-

أ- الأعراض Accidents: وهى أفكار تشير إلى صفات لاتوجد بذاتها، بل تقوم بغيرها، مثل فكرة المثلث والجمال والصداقة.

ب- الجواهر Substances : وهى الأفكار الدالة على أشياء تقوم بذاتها، ويمكن أن تقوم عليها الأعراض ، ومنها الجواهر الجزئية بشقيها المادى والروحى.

---

(٢٠) إير : المسائل الرئيسية فى الفلسفة ، ص ٧٩.

(٢١) د. على عبدالمعطى محمد: تيارات فلسفية حديثة ، ص ٩٧

(٢٢) نفس المرجع ، ص ص ٩٧-٩٨

جـ- العلاقات Relations : وهى أفكار تنشأ من التأليف بين أفكار متمايزة، كمعنى البنوة الذى يجمع بين فكرتى الأب والإبن ، وأفكار الزمان والمكان والسببية.

السببية إذن فكرة مركبة تجمع بين معنى شئ مُوجِد، ومعنى شئ مُوجَد منه. والأصل فيها أن تعاقب الظواهر يخلق بينها علاقات فى الذهن، تحملنا على الإعتقاد بأنه إذا قامت ظواهر معينة، تلتها ظواهر أخرى، لكن هذا الإعتقاد ذاتى بحت وليس للسببية من معنى سوى هذا التوقع الذاتى(٢٣) .

١٢٣- على أن ذلك لايعنى إنتفاء الضرورة عن علاقة الأسباب ونتائجها، حيث يربط "لوك" بين مفهومى "السبب" و "المقدرة" Power (٢٤). فالمقدرة هى تلك القوة الموجودة فى كل جوهر مادى على أن يقوم بإحداث أى تغيير فى الصفات الأولية لشئ آخر، أو إستقبال مثل هذا التغيير(٢٥). فإذا قلنا مثلاً أن للنار قدرة صهر الذهب، فإنما نعنى بذلك أن وضع قطعة من الذهب فى النار ينتج عنه بالضرورة صهرها. فالمقدرة إذن هى السبب فى فعل النار على الذهب وإستقبال الذهب لهذا الفعل(٢٦).

وليست المقدرة فكرة مركبة كالسببية، وإنما هى فكرة بسيطة تنتمى إلى البنية الداخلية للجواهر المادية الجزئية (مثل الذهب والنار)، وتناظر فكرة الإرادة فى الجواهر الروحية. تلك التى نستشعرها من فعل إرادتنا على عقولنا وأجسامنا. فلا معنى لفكرة الإرداة دون الفعل، ولا معنى لفكرة المقدرة أو

---

(٢٣) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ص ١٤٦-٤٧.

(24) Carr, OP-Cit , P-77.

(٢٥) د. على عبدالمعطى محمد: المرجع السابق، ص ١١٢.

(26) OP- Cit, P-76.

السبب دون نتائجها اللازمة عنها بالضرورة. وهكذا فلو علمنا الخصائص الذاتية لأى جوهر - أو ماندعوه الآن بالبنية المجهرية Microstructure - أمكننا إستخلاص نتائجه بالإستدلال العقلى، وهذا هو المصدر الحقيقى لفكرة الضرورة السببية(٢٧).

هكذا يتراوح فهم "لوك" للسببية بين تسجيلات الحواس وإبتكارات العقل، فيجعل من "السبب" أو "المقدرة" فكرة بسيطة مكتسبة بالتجربة. أما العلاقة ذاتها بين الأسباب ونتائجها فيلقى بها فى أحضان العقل ليقوم بتركيبها وتبرير ما تنطوى عليه من ضرورة. ولكن أين الاتصال؟.

يطرح "لوك" هذا التساؤل بصورة مختلفة فيقول: "كيف يتسنى للأجسام أن تنتج الأفكار فينا؟ ". ثم يجيب: "بالدفع Impulse ، ولاشئ غيره. فمن المستحيل أن نتصور جسم يمكنه التأثير على مالا يلمسه ... وعلى هذا ، فمن الضرورى أن تكون هناك حركة ما متصلة من قِبل أعصابنا، أو أرواحنا الحيوانية ... إلى المخ أو مركز الإحساس، لتنتج فى عقولنا ما نمتلكه من أفكار"(٢٨) .

هذا إقرار بالإتصال. لكن "لوك" عاد بعد قراءة كتاب "المبادئ" لنيوتن ، لاسيما نظريته فى الجاذبية، ليقر بإمكانية التأثير عن بُعد. وقد أعلن ذلك فى الطبعة الرابعة لكتابه "مقال فى الفهم الإنسانى" دون أن يقدم تفسيراً لكيفية هذا التأثير(٢٩). وهذا إن دل على شئ، فإنما يدل على تأرجحه بين ما يوصى به

---

(27) Ibid, P-77.

(28) Quoted by Lucas : Space, Time and causality, P-41.

(29) Ibid.

العقل، وما تكشف عنه التجربة. أو كما ذكرنا (ف ١٢٠) بين تصور السببية - وليد الاتصال - وبين تطبيق التصور فى عالم التجربة.

٣- ديفيد هيوم D. Hume (١٧١١-١٧٧٦):

١٢٤- دفع "هيوم" بالمذهب الحسى إلى قمته، فوضع تفسيراً للسببية يخلو تماماً من أية إضافة عقلية، ويُعوّل كثيراً على الذات الإنسانية وفقاً لقوانين تداعى المعانى*.

ويمكن أن نجزئ تحليل "هيوم" للعلاقة السببية إلى جزئين : جزء سلبى، يتمثل فى إنتقاده للتفسيرات الشائعة للسببية، لاسيما تلك التى تجعل منها مبدأ فطرياً يتسم بالضرورة. وجزء إيجابى يتمثل فى رؤيته الخاصة لمعنى العلاقة السببية ومصدر ما تنطوى عليه من ضرورة.

نبدأ أولاً بالجزء السلبى الذى يُعبر بوضوح عن وجهة نظره التجريبية.

لقد إعتقد "هيوم" أن كل تصوراتنا العقلية ماهى إلا "إنطباعات حسية" Sense impressions و"أفكار". الإنطباعات الحسية هى ما ندرك أننا حاصلون عليها بعد مواجهتنا لما نسميه بالعالم الخارجى، وذلك عن طريق

---

* قوانين تداعى المعانى Association : قوانين سيكولوجية ، يعمل العقل بمقتضاها دون تدخل منه. إذ تقتصر وظيفته على مجرد قبول الإنطباعات الحسية فتحصل منها المعانى حصولاً آلياً بموجب هذه القوانين. وقد أحصاها "أرسطو" فى قائمة تضم ثلاثة قوانين هى "التماثل" Similarity ، و"التباين"Contrast ، و" التجاور" Contiguity . ثم جاء "هيوم" فنقح هذه القائمة لتضم قوانين "التشابه" Resemblance و "التجاور فى الزمان والمكان" ، و "السببية". وبذلك رد "هيوم" السببية إلى مجرد فعل من أفعال النفس الإنسانية مُفرغ تماماً من أى مضمون عقلى.

See : Runes : dict. of philo. , item “ Association, Laws of.” , PP. 40-41.

الحواس. أما الأفكار فهى ما ندرك أنه يستقر فى عقولنا من تلك الإنطباعات بعد غيبة ذلك المصدر الخارجي. وهكذا فاى تصور لايصدر عن إنطباع أو فكرة هو تصور لاأساس له من الصحة ولايوثق به(٣٠). فماذا إذن عن السببية؟.

يجيب "هيوم" عن هذا التساؤل من خلال ثلاث خواص رأى أنها تميز العلاقة السببية، أو بالأحرى لاتميزها، وهى(٣١):

أ- أنها ليست مُدركة بالحواس Not discrinable by the sense .

ب- أنها ليست علاقة جزئية Not particular .

جـ- أنها ليست قضية تحليلية Not analytic.

ولنعرض بإيجاز لكل خاصية منها.

يخبرنا "هيوم" أولاً أن هناك إختلافات منطقية هامة بين قولنا "أ" تسبب "ب" ، وبين قولنا:"أ" أكبر من "ب" ، أو "أ" على اليمين من "ب" ، أو "أ" لها نفس شكل "ب". فإذا قرر شخص ما أن "أ" لها نفس شكل "ب" ، فلن يمكننى أن أختلف معه دون أن أطعن إما فى صدقه أو فى قدرته كملاحظ. أما إذا قرر أن "أ" تسبب "ب"، فبمقدورى حينئذ أن أختلف معه دون أن أتهمه بالكذب أو بعدم القدرة على الملاحظة، إذ يمكننى أن أضع المسألة موضع الإختبار بتكرار التجربة، وأن أنظر فيما لو كان بإستطاعتى أن أحصل على "أ" دون أن تتبعها "ب". فإذا إستطعت ذلك، أمكننى أن أقرر دون غضاضة عكس ما قرره هذا الشخص.

---

(٣٠) د. محمود فهمى زيدان: الإستقراء والمنهج العلمى ، ص ص ١٠٣-١٠٤.

(31) Lucas, OP-Cit, P. 29.

وهكذا قد تكون لديك بينة تجريبية تؤيد صدق زعمك بالتسبيب، ولكنك لاتستطيع تجاوز تلك البينة لتصر دائماً على هذا الزعم، لأن المستقبل قد يـأتى بعكس ما تزعم أو تتوقع. مفهوم السببية إذن يعنى ما هو أكثر من إمكانيات تطبيقه فى عالم الخبرة، ومن ثم فالعلاقة السببية ليست مدركه بالحواس(٣٢).

هذه النتيجة تقودنا إلى الخاصية الثانية من خواص العلاقة السببية، أعنى كونها ليست جزئية. فلو أننى قلت ان "أ" على اليمين من "ب" ، أو أن "أ" أكبر من "ب" ، فإن العلاقة الزمانية أو المكانية بين "أ" الجزئية و "ب" الجزئية تكون بالمثل علاقة جزئية. أما إذا قلت أن "أ" تسبب "ب"، فإننى حينئذ لا أتحدث عن هذه الـ "أ" ، وتلك الـ " ب"، وإنما عن أى نـوع من أنواع "أ" ، وأى نوع من أنواع " ب" . وهو ما يعنـى أن العلاقة السببية علاقة كلية Universal ، أو بعبارة أخرى : قابلة للتكرار(٣٣).

أخيراً ينفى " هيوم " عن العلاقة السببية أن تكون تحليلية، أو تنطوى على ضرورة منطقية. فالقضية التحليليـة هى تلك التى يكون المحمول فيها جزءً من الموضوع أو مساوياً لـه، ومن ثم توصف بأنها " قبلية " ، أو أن نقيضا مستحيل، كقولنا مثلاً " الوالد أب لأبناء " أو "الأعزب ليس متزوجاً " . أما العلاقةالسببية فليست كذلك، فإذا قلنا مثلاً أن النارتحرق، أو أن الماء يُرطب، فليست هذه قضايا تحليليـة يلزم فيها المحمول لزوماً منطقياً عن الموضوع،لأن بإمكاننا تصور النار دون تصور الإحتراق- كـاللهب الكيميائى ذو التأثير البارد – وليس من الضرورى أن الماء يُرطب، لأن من السوائل – كالزئبق مثلا – ما هو شديد الشبه بالماء، لكنه لا يُرطب . لا ينكر " هيوم "

---

(32) Ibid.
(33) Ibid.

أن العلاقة السببية تتسم بالضرورة ، لكنه ينكر أن تكون ضرورتها منطقية، وبالتالى فهى ليست قضية تحليلية(٣٤).

١٢٥- وما دامت العلاقة السببية ليست جزئية أو تحليلية أو مدركة بالحواس، فهى إذن تصور غامض ، لا نستطيع إسناده ، لا إلى العقل أو إلى التجربة، وينبغى من ثم أن نضعه فى موضعه الصحيح، وأن نفهم المصدر الحقيقى لما ندعوه بالضرورة. وهذا هو الجزء الإيجابى من تحليل " هيوم ".

ينظر " هيوم " إلى العلاقة السببية من خلال ثلاثة ملامح ، رأى أنها تتفق جيداً والخبرة الحسية ، وهى : " السبق " Precedency ، و " التجاور " Contiguity ، والإقتران الثابت costant conjunction (٣٥).

هذه الملامح تدفع الذهن إلى تكوين " عادة " عن إرتباط السبب بالنتيجة effect ، بحيث أننا حين نرى الحادثة " أ " فى المستقبل نتوقع حدوث الحادثة " ب " التى إرتبط حدوثها فى إدراكنا الماضى بحدوث" أ "وبالتالى فليست الضرورة السببية سوى ضرورة نفسية ، أساسها إدراك تلازم زوج من الحوادث، وإرتباط ذلك التلازم فى الذهن، وتكوين "عادة " عن توقع ذلك التلازم فى المستقبل(٣٦).

---

(34) Ibid, pp. 29-30.

(35) Carra, op.cit, p77,p79.

(٣٦) د. محمود فهمى زيدان : الإستقراء والمنهج العلمى ، ص ١٠٧ .

وينفى هيوم أن تكون للعلاقة السببية خاصية الاتصال ، " فكل الحوادث -تبعاً لخبرتنا- تبدو مفكوكة loose ومنفصلة separate ، فالحادثة تتبع الأخرى، ولكننا لا نستطيع البتة إكتشاف أية صلة بينهما(٣٧) .

وهكذا يمكننا تعريف "السبب " بأنه " شئ يتبعه شئ أخر ، بحيث أن كل الأشياء المماثلة للأول تتبعها أشياء مماثلة للثانى " (٣٨). أو بعبارة أخرى هو " شئ يسبق شئ آخر، بحيث أن كل الأشياء التى تشبه السابق قائمة فى مثل علاقات السبق والتجاور لتلك الأشياء التى تشبه اللاحق"(٣٩).

ومن الواضح أن " هيوم " يسعى بهذا التعريف إلى تفريغ العلاقة السببية من أى مضمون عقلى لايخضع مباشرة للخبرة. ولكن هل بإمكانه أن يُقنعنا بإنتفاء الاتصال والضرورة العقلية عن السببية، حتى وإن كانا مفتقرين إلى الإدراك الحسى المباشر؟

الحق أن إجابتنا لابد وأن تكون بالنفى. ولتأكيد ذلك دعنا نتأمل جيداً ما قرره للسببية من ملامح، لا سيما الإقتران الثابت والتجاور.

١٢٦- لا شك أن الإقتران الثابت يُعد سمة حسية هامة من سمات العلاقة السببية. ولكننا مع ذلك لا نستطيع رد الضرورة السببية إلى مجرد آلية نفسية أو " إنعكاس مشروط " conditioned reflex كما أخبرنا "هيوم ". فالإقتران الثابت ليس شرطاً ضرورياً أو كافياً sufficient للقول بالتسبيب، وإن كان

---

(37) Hume,D .: An inquiry concerning Human unders tanding (1748) , ed. with an introduction by C.W.Hendel, Bobbs- Mettill ,N.Y ,1955 ,85.Quoted by Carr, OP.Cit , p79.

(38) Ibid , p.79.

(39) Hume , D . : Treatise of Human nature (1739) , Oxford university press , London, 1967 , p - 170 . Quoted by Carr , OP . Cit , p . 79.

شكلاًإدراكياً له. إنه ليس شرطاً ضرورياً لأن أحكامنا السببية غالباً ما تؤسس على نذرٍ يسير من المشاهدات، بل إن مثالاً تجريبياً واحداً قد يكفى أحياناً لقيام الحكم السببى. ورغم القيمة التأكيدية التى نحصل عليها كلما كثر عدد ما نقدمه من أمثلة، إلا أننا نسترشد عقلانياً بقوانين الإستقراء. ولسنا فى حاجة إلى عدد كبير من الأمثلة لكى تعتادِ أذهاننا على توقع ظهور النتيجة متى ظهر السبب(٤٠).

والإقتران الثابت من ناحية أخرى ليس شرطاً كافياً لوجود العلاقة السببية. فقد تقترن الحادثة " أ " بالحادثة " ب " على نحو ثابت، ولكن ليس من الضرورى أن تكون الأولى سبباً للثانية، بل قد تنتفى العلاقة السببية بينهما ، وقد يكون الطرفان نتيجتين لسبب واحد مشترك، أو مظهرين لنفس العملية السببية. فالنهار مثلاً يتبع الليل على نحو ثابت، لكن الليل ليس سبباً للنهار، بل إن كليهما مظهران للدوران اليومى للأرض (٤١).

والأكثر من ذلك، لا يلقى هيوم بالاً للبُعد التفسيرى للعلاقة السببية . فالسبب كما علمنا أرسطو (ف ١١٨) وكما تعنى الكلمة فى أصلها اللاتينى، ما هو إلا تفسير" يبدأ دائماً بكلمة "لأن " . ولو إتبعنا هيوم فى قوله بالإقتران الثابت، لكانت القضية " التدخين يسبب السرطان "، لا تعنى أكثر من أن التدخين والسرطان مقترنان بثبات، وهذا ليس صحيحاً،فضلا عن أننا نحتاج إلى ما هو أكثر من ذلك : نحتاج إلى تفسير يوضح كيف أن تراكم النيكوتين والقطران فى الرئة- مع توافر الشروط الإيجابية للمرض- يؤدى إلى توليد الخلايا السرطانية وإنتشارها. وبعبارة أخرى ، يجب أن نتمكن من إقتفاء مسار

(40) Lucas, Op. Cit , pp31-32.

(41) Ibid , p 32. also Carr , OP .Cit , p.81.

التأثير السببى بين الحوادث، ولن يتسنى لنا ذلك ما لم يكن لدينا تصور للميكانيكية السببية causal mechansism ، أو للآلية التى ينتشر بها التأثير السببى، وهو ما يعنى ضرروة القول بالاتصال(٤٢).

الإقتران الثابت إذن لايمكن أن يكون مكافئاً لتصور السببية. فهو لايعدو أن يكون ملمحاً حسياً لايكشف عن جوهر تلك العلاقة. أو هو بُعد إدراكى من أبعاد التصور، لكنه ليس التصور ذاته.

١٢٧- أما عن التجاور فيبدو أن "هيوم". قد إضطر للقول به تجنباً للقول بالتأثير عن بُعد. الأمر الذى أوقعه فى التناقض مع ما سبق أن قرره من أن الأشياء تبدو لخبرتنا مفكوكة ومنفصلة، حيث يقول فى كتابه "مقال فى الطبيعة الإنسانية" : "إننى أجد فى المحل الأول أن الأشياء، مهما إعتُبرت كأسباب أو كنتائج ، لابد وأن تكون متجاورة . . . ومع أن الأشياء المتباعدة قد تبدو أحياناً منتجة لبعضها البعض، إلا أنها ترتبط بسلسلة من الأسباب، تلك التى تكون متجاورة فيما بينها. وعندما لانستطيع إكتشاف هذا الترابط فى أية حالة جزئية، فإننا نفترض وجوده. ولذا نعتبر التجاور علاقة أساسية للقول بالتسبيب"(٤٣).

لكن التجاور فى الحقيقة ليس مظهراً حسياً مباشراً، إذ لايعنى كما نفهم من النص سوى التأثير بالملامسة. فإذا كان "هيوم" يُعرّف السبب بأنه "شئ"، ويزعم إنتقال التأثيرات السببية بتلامس الأشياء، فعليه إذن : إما أن يُقدم دحضاً لحجج زينون ضد الحركة (ف١٨،١٩،٢٠،٢١)، وهو ما لم يفعله، أو أن يُسلم

---

(42) Lucas , OP . Cit , pp 37 - 38 , p . 176 .

(43) Quoted by Lucas : Treatise on Time and Space , OP . Cit , pp 193 - 94.

بالاتصال. والاتصال كما نعلم يستلزم عدداً لامتناهياً من المشاهدات بين أى حادثتين أو شيئين نزعم إتصالهما، فليس بالمتصل حدود متجاورة يتبع بعضها بعضاً، وإنما حدود لامتناهية العدد لاتخضع للحس المباشر(٤٤).

نخلص من ذلك إلى أن تحليل هيوم للسببية يُجسد نظرة سلبية لفاعلية الإنسان وقدراته العقلية. فالإنسان وفقاً لهذه النظرة يُواجه الطبيعة، لابعقل قادر على التحليل والإستنتاج من خلال تأمله لفعل الأشياء، وإنما بعقل مُحايد لايستطيع تجاوز إمدادات الحواس. ولنا فى النهاية أن نتساءل : من أين أوتى هيوم تلك القدرة على التحليل. هل هى من فعل العقل أم من فعل الحواس؟ وإذا كان ينفى الاتصال ويُجرد السببية من ضرورتها العقلية، فكيف يسوق الأسباب التى أدت به إلى هذه الوجهة من النظر؟ أليست تلك علاقة سببية تنطوى بالطبع على ضرورة عقلية؟.

٤- كانط Kant (١٧٢٤ - ١٨٠٤).

١٢٨- التساؤل السابق من وحى المذهب الكانطى الذى جاء كرد فعل سريع ومباشر ضد نزعة هيوم التجريبية، ونظرته السلبية لقدرات العقل الإنسانى. حقاً لقد إعترف "كانط" بأن "هيوم" أيقظه من سُباته الدوجماطيقى، فأقر بتركيبية العلاقة السببية وكُليتها، لكنه وجد أن هيوم لم يتمثل المسألة بكل جوانبها وسعتها، وإكتفى بتناولها من جانب واحد فقط، هو جانب الإدراك الحسى(٤٥).

---

(44) Ibid , p 194 , also Bunge , M. : Causality and modern science , third reviseded . , Dover Publications , Inc , N.Y , 1979 , p 59 , p 61 .

(٤٥) كانط : مقدمة لكل ميتافيزيقا مقبلة ، ص ٤٨ .

ولكى نتبين ذلك نقول أن أحكامنا وفقاً لكانط، إما أحكاماً للإدراك الحسى أو أحكاماً للتجربـة. وليسـت للأولـى سـوى قيمـة ذاتيـة، ناجمـة عـن الـترابط المنطقى بين الإدراكات الحسية فـى الـذات المفكـرة، ولاتتعلـق بـالموضوع إلا بصفة بعدية. أما الثانية فهى تستلزم دائماً تصـورات خاصـة حاصلـة أصـلاً فى الذهن، وتعطيها قيمتها الموضوعية الثابتة من شخص إلى آخر(٤٦).

وهكذا فالتجربة لاتقدم نظاماً ضروريـاً شـاملاً إلا بفضـل النشـاط القبلـى للذهن البشـرى، الـذى يُدرك كـل الأشـياء والحـوادث فــى صورتـى المكـان والزمان، ويضمها تحت مقولات الوحدة والواقعية والجوهرية والسببيـة . . . إلخ. وهذه الصور أو المقولات ليست مستمدة من التجربة، وإنما هى من إنتـاج العقـل الخالص، ومن ثم فهى قبلية بالنسبة إلى كل إحساس أو إنطباع(٤٧).

السببية إذن مقولة عقلية بها تستحيل أحكـام الإدراك الحسـى إلـى أحكـام للتجربة. فإذا قلت مثلاً : "إذا سقطت أشعة الشمس على الحجر. سخن الحجر"، كنت بإزاء حكم للإدراك الحسى ليست فيه أية ضرورة مهما كان عدد المـرات التى أدرك فيها أنا أو غيرى من الناس هذه الظـاهرة، فقد إعتدنـا علـى وجـود هذا الترابط بين الإدراكات الحسية. أما إذا قلت "الحجر يسخن بأشعة الشمس"، فأنـا أضيـف هنـا التصـور العقلـى للسـبب إلـى الإدراك الحسـى، وبذلـك أربـط بـالضرورة تصـور الحـرارة بتصـور ضـوء الشـمس. وهكـذا يُصبـح الحكـم

---

(٤٦) نفس المرجع ، ف ١٨ ، ص ص ١٠٢ – ١٠٣ .

(47) Marcuse , H. : Reason and revolution , Hegel and the rise of social theory , Humanities Press , Atlantic Highlands , N.J , 1983 , pp 21 - 22 .

التركيبى حكماً صحيحاً صحة كلية، وبالضرورة حكماً موضوعياً، كما يصبح حكم الإدراك الحسى حكماً للتجربة(٤٨).

ولكن كيف تنطبق السببية وهى مقولة كلية على الحدوس الحسية وهى إدراكات جزئية متناثرة؟. يجيب كانط بأنها لاتنطبق مباشرة، وإنما عن طريق وسيط يُقدم رسوماً تخطيطية تنتظم بموجبها المدركات الحسية. هذا الوسيط هو "المخيلة المبدعة"، وهى قوة تلقائية تختلف عن المخيلة المستعيدة الخاضعة لقوانين تداعى المعانى(٤٩).

أما الرسوم ذاتها فهى ما يدعوه كانط بتمثيلات التجربة Analogies of experience، وهى لاتعمل إلا من خلال صورة أولية تلائم جميع الظواهر.وتلك هى صورة الزمان ، الذى يتسم بالدوام duration والتتالى succession والتآنى simultanenity.

وهكذا فالدوام هو الرسم التمثيلى للجوهر، أما التتالى فهو الرسم التمثيلى للتسبيب، وأما التآنى فهو الرسم التمثيلى للتفاعل المتبادل بين الجواهر(٥٠).

ولما كانت السببية خاضعة فى تصورها لتصور الزمان، وكان تصور الزمان خاضعاً بدوره لمبدأ الاتصال، فمن الطبيعى ألا تكون السببية سوى صورة خالصة من هذا المبدأ العام الأسبق ذهنياً، وبذلك ينتفى أى إنفصال بين آنات الزمان المتتالية، وترتفع العلاقة السببية عن أى إنفصال مرئى بين الظواهر(٥١).

---

(٤٨) كانط : المرجع السابق ، حاشية ، ص ١٠٧ .

(٤٩) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، ص ٢٢٨ .

(50) Van Fraassin : OP . Cit , p 47 .

(51) Ibid , p p 49 - 50 . =

ولاشك أن معالجة كانط للسببية تتسم بمسحة ميتافيزيقية. ولكنها مع ذلك تُشيد مفهوماً علمياً للسببية. يجمع بين النزعتين العقلانية والتجريبية، أو بين التصور وتطبيق التصور، وهو ما عبر عنه كانط بقوله "أن التصورات - بدون حدوس حسية - جوفاء، كما أن الحدوس - الحسية بدون تصورات - عمياء"(٥٢).

ورغم الفارق الشاسع بين توجهات كل من "هيوم" و "كانط"، إلا أنهما يتفقان فى كون العلاقة السببية شيئاً مفروضاً على فهمنا للعالم الخارجي. إما بتداعى المعانى، أو بمقولات العقل المجرد. لكن كانط كان أكثر وضوحاًوإقناعاً حين رد السببية إلى مبدأ الاتصال، بوصفه مبدأ قبلياً تنتظم بموجبه معطياتنا الحسية فى الزمان والمكان. أما هيوم فقد نظر إلى العالم بمنظار ضيق، يُسجل حادثة هنا وحادثة هناك، فأنكر إتصال التسبيب بإنكار إدراكه بالحواس، وإن كان قد أثبته دون أن يدرى فى منهجه التحليلى لمقولة السببية!.

جـ - السببية فى القرن العشرين

- برتراند رسل B.Russell (١٨٧٢-١٩٧٠):

١٢٩- نصطفى " رسل " من بين فلاسفة القرن العشرين. لنعرض بإيجاز رؤيته للعلاقة السببية. ليس لأن إعتقاده بالاتصال يقترب فى قبيلته من إعتقاد كانط فحسب، ويحقق بالتالى فرضنا الرئيسى فى هذا الفصل، ولكن أيضاً لأن

= وأيضاً د. زكريا إبراهيم : كانط أو الفلسفة النقدية (مكتبة مصر ، القاهرة ، ط ٢ ، ١٩٧٢) ص ٩٤.

(٥٢) نفس المرجع ، ص ٧٩.

نظريته المعرفية إتسمت بالتطور عبر مؤلفاته المختلفة لتواكب تطور نظريات علم الطبيعة. فلقد آمن بأن الفلسفة ينبغى أن تكون علمية فى جوهرها، وأن يكون المثل الأعلى لها علمياً [٥٣]، فجاءت رؤيته الأخيرة للسببية محصلة لتراكمات علمية وفلسفية يقف آينشتين على قمتها [٥٤].

أثبت "رسل " هذه الرؤية فى كتابيه: " المعرفة الأنسانية : مداها وحدودها " (١٩٤٨) و"فلسفتى كيف تطورت " (١٩٥٨) ، حيث عقد فى كل منهما فصلاً عما يدعوه بـ "مصادرات البحث العلمى " ، وهى مبادئ لا يمكن البرهنة عليها منطقياً، ولا يتوقف صدقها على الخبرة، وإنما نسلم بها منذ البدء كوسيلة لبناء العالم الخارجى معرفياً. أو بعبارة أخرى، هى مبادئ تصدق بمقتضاها إستدلالاتنا من خبراتنا الذاتية إلى الطبيعة الخارجية[٥٥].

وسوف نلاحظ من خلال تلك المصادرات مدى إعتقاد " رسل " بالاتصال كمبدأ قبلى يرتد إليه مبدأ السببية. كما نلاحظ أيضاً مدى تأثره بنظرية النسبية لآينشتين، لا سيما قوله أن "الحوادث " هى النسيج الذى يتألف منه متصل الزمان - مكان، وأن الضرورة تحكم العالم من خلف نسبية الإدراكات الحسية.

١٢٩- ١- مصادرة شبه الدوام.

The Postulate of quasi - permanence .

وقد صاغها " رسل " على الوجه التالى : " إذا كانت " أ " أية حادثة لدينا، فإنه يحدث فى الغالب الأعم أن توجد فى أى وقت مجاور وفى مكان

---

(٥٣) بوشنسكى : الفلسفة المعاصرة فى أوروبا ، ص ٨٦ .

(54) Van Fraassen , OP . Cit , p 171.

(٥٥) د. محمد محمد قاسم : برتراند رسل ، ص ٢٤٩.

مجاور حادثة أخرى كبيرة الشبه بالحادثة " أ " (٥٦).

وتبعاً لهذه المصادرة يكون "الشئ" سلسلة من الحوادث المتصلة، ذلك أن الشئ (أو قطة المادة) ليس كائنا وحيداً باقياً وثابتاً، بل هو خليط من حوادث لها نوع من الإرتباط السببى بين كل منها. فالمنزل - كشرح لهذه المصادرة أو القانون السببى - لايُعد مركباً من حادثة أو أكثر تبقى حتى يتحطم المنزل، بل يتركب من سلسلة حوادث على وجه تكون معه هذه الحوادث ليست هى نفسها التى يتركب منها فى لحظة ما سابقة أو لاحقة قليلاً، بل تكون مشابهة لها تماماً(٥٧). وبهذا المعنى تُمثل الحوادث تاريخاً متصلاً لأى جسم مادى، مما يذكرنا بالتمثيل التجريبى الأول لكانط، حين جعل من الدوام رسماً تمثيلياً لمفهوم الجوهر تنتظم بموجبه مدركاتنا الحسية المنفصلة، وإن كان رسل قد أعاد صياغة هذا التمثيل بما يتفق ونتائج النظرية النسبية لآينشتين (٥٨).

١٢٩-٢- مصادرة الخطوط السببية القابلة للإنفصال :

The Postulate of seperable causal Lines .

" كثيراً ما يكون من الممكن أن تؤلف سلسلة من الحوادث على نحو يمكننا معه أن نستدل من عضو أو عضوين منها شيئاً ما فيما يتصل بجميع الأعضاء(٥٩).

(٥٦) نفس المرجع ، ص ١٨١ ، ص ٢٥٥ .

(٥٧) د. محمد مهران : فلسفة برتراندرسل ، (دار المعارف ، القاهرة ، ط٣ ، ١٩٨٦) ، ص١٢٢.

(58) Van Fraassen, OP . Cit , pp . 47-48.

(٥٩) د. محمد محمد قاسم : المرجع السابق ، ص ١٨٣ ، ص ٢٥٧.

هذه المصادرة إمتداد للمصادرة الأولى، حيث يفترض رسل من خلالها أن هناك سلسلة من الحوادث تشكل خطاً سببياً. وما دامت تشكل خطاً سببياً فإنها تخضع لفكرة القانون السببى، لذلك فإن معرفة بعض أعضاء هذه السلسلة يكفل لنا معرفة بقية الأعضاء (٦٠).

وخير مثال على إستخدام تلك المصادرة هى فكرة الحركة، حيث يحتفظ الشئ بهويته وذاتيته مع تغير موضعه. يكفي أن نشير إلى دوام موجات الصوت أو الضوء، فبفضل هذا الدوام يمكن لعمليتى السمع والإبصار أن يقدما لنا معرفة عن حوادث معينة قربت أو بعدت (٦١).

١٢٩-٣- مصادرة الاتصال الزمكانى :

The Postulate Of Spatio- temporal continuity .

" عندما يكون هناك إتصال سببى بين حادثتين ليستا متجاورتين، فلابد وأن تكون بينهما حلقات متوسطة فى السلسلة السببية تجاور كل واحدة منها الأخرى. أو أنه توجد بدلاً من ذلك عملية متصلة بالمعنى الرياضى" (٦٢).

وأول ما يصرح به "رسل" بصدد هذه المصادرة أنها معنية برفض التأثير عن بُعد، ويعنى بذلك أن سلاسل الأحداث أو السلسلة السببية هى دائماً سلسلة متصلة ليس بها فجوات أو فواصل. فلا تؤثر الحوادث فى حوادث أخرى تنفصل عنها فى الزمان والمكان إلا عند وجود سلسلة تصل ما بينهم(٦٣).

---

(٦٠) نفس المرجع ، ص ١٨٣.

(٦١) نفس المرجع ، ص ١٨٤ .

(٦٢) نفس المرجع، ص ١٨٤ ، ص ٢٥٨.

(٦٣) نفس المرجع ، ص ٢٥٨.

وتكمن أهمية هذه المصادرة فى أنها تبيح لنا الإعتقاد بوجود الموضوعات الفيزيائية حين لا تكون موضع إدراك حسى [٦٤]. وبذلك يتجاوز " رسل " الثغرة التى أوقعت " هيوم " فى التناقض حين أنكر إتصال التسبيب إستناداً إلى تسجيلات الحواس المنفصلة، ثم عاد فقال بالتجاور لتفسير التأثيرات السببية. فتلك الأخيرة وفقاً لرسل لا يمكن أن تنتقل فى شكل قفزات بين الحوادث، وإنما تنتقل بشكل متدرج تعبر من خلاله عدداً لا متناهياً من الحوادث فى أى فاصل زمكانى، وهذا بعينه تعريف " كانتور " للإتصال كما أوضحنا فى فصل سابق (ف٧٧).

١٢٩-٤- المصادرة البنائية . The steructural postulat

" إذا ما إنتظم عدد من الحوادث المركبة المتشابهة من حيث البناء حول مركز فى مناطق لا يفصلها عن بعضها البعض فواصل فسيحة، فالأمر المعتاد هو أن كل هذه الحوادث

تنتمى إلى خطوط سببية ترجع بأصلها إلى حادثة تقع فى المركز ولها نفس البناء"[٦٥].

هذه المصادرة ضرورية لنظرية رسل فى الإدراك الحسى. فالبناء structure يفسر لنا كيف أن حادثة مركبة يمكن أن تكون على إتصال سببى بحادثة أخرى مركبة، بالرغم من أنهما ليستا متشابهتين من حيث الكيف، وإن كانتا متشابهتين بالضرورة فى الخواص المجردة لبنائهما الزمكانى[٦٦].

وأوضح مثال يقدمه رسل ليظهر طبيعة البنية الزمكانية للحوادث هو :

---

(٦٤) د. محمد مهران : المرجع السابق ، ص ١٢٣.

(٦٥) د. محمد قاسم : المرجع السابق ، ص ١٨٥ ، ص ٢٥٩.

(٦٦) نفس المرجع ، ص ١٨٦.

لنفرض أن " أ " يقرأ بصوت مسموع . وأن " ب " يدون ما يسمعه من " أ " ، وأن ما رآه " أ " فى الكتاب متطابق حرفياً مع ما كتبه "ب" . فمن التناقض أن ننكر الإرتباط السببى بين أربع مجموعات من الحوادث وهى : ١- ما هو مطبوع فى الكتاب، ٢- الأصوات التى صدرت عن " أ " وهو يقرأ بصوت مسموع، ٣- الأصوات التى سمعها " ب " ، ٤- الألفاظ التى دونها "ب" .

ونفس هذا يصدق على آلة التسجيل وما يصدر عنها من موسيقى، فهذه كلها متشابهة من حيث البنية (٦٧).

وهكذا فالمصادرة تبرر دون برهان أعتقادنا بوجود أشياء عامة وموضوعية، أو وجود مجموعات عامة من الحوادث المتصلة، تشكل أصلاً عاماً للمدركات الحسية لدى كثرة من الناس(٦٨).

١٢٩-٥- **مصادرة التمثيل** . The postulat of Analogy

" إذا كانت لدينا فئتان من الحوادث هى " أ " ، " ب " . وعلى فرض أننا كلما تمكنا من ملاحظة " أ " ، " ب " كليهما وجدنا ما يبرر لنا أن نعتقد أن " أ " سبب " ب " ، ترتب على ذلك أنه إذا لاحظنا " أ " فى حالة مُعينة ، ولكننا لم نجد أية طريقة نلاحظ بها ما إذا كانت "ب " تحدث أم لا تحدث، فمن المحتمل

---

(67) Russell ,B. : My philo . Development , George Allen & Unwin , London, 1959, p . 204 ,

نقلاً عن د. محمد مهران : المرجع السابق ، ص ١٢٤ .

(٦٨) د. محمد قاسم : المرجع السابق ، ص ٢٥٩ .

أن تحدث " ب " ، وكذلك الحال إذا ما لاحظنا "ب" ولكن لم نستطع أن نلاحظ ما إذا كانت " أ " حاضرة أم متخلفة عن الحضور (٦٩).

وترتبط هذه المصادرة بوظيفة هامة، وهى تبرير إعتقادنا فى عقول الآخرين، أو بعبارة أخرى تبرير شهادة الغير التى تشكل جانباً كبيراً من معارفنا. فإذا كان الإعتقاد بعقول الآخرين مصدره خبرات وقعت لى، وأن هذه الخبرات قد تكون مُضللة، كان من الضرورى وضع مصادرة تمثل بداية معارفنا بهذا الصدد(٧٠).

١٣٠- ولسنا بصدد تقييم المصادرات أو فحص وظيفتها الإبستمولوجية، وإنما أردنا فقط الإشارة إلى موقف " رسل " الأخير من علاقة الأسباب بنتائجها.

وقد لاحظنا تخلى " رسل " عن مبدأ السببية بمعناه التقليدى الذى يقضى بأن " لكل حادثة فردية " سبب " يمثل بدوره حادثة فردية ". فالسببية كما تنبؤنا المصادرة الثانية هى أى قانون يجعل من الممكن أن نستدل من عدد غير محدود من الحوادث على حادثة أخرى أو مجموعة من الحوادث. والإستدلال هنا إحتمالى، ولكنه يكاد يقترب من اليقين. وهذا التعريف فى الواقع هو تعريف للحتمية، وكأن "رسل " بذلك يرد الحتمية إلى سببية (٧١). أما عن مصدر السببية ، فمن الواضح أنه مبدأ الاتصال، الذى يبدو إعتقاد رسل به إعتقاداً كانطياً قبلياً ، يمثل أساساً للبحث العلمى.

هذا الموقف لرسل يقودنا إلى التساؤل عن علاقة القانون السببى بالقانون الإحصائى. وهل يخلو الأخير من أى ترابط سببى ؟ وماذا عن قوانين الكم

---

(٦٩) نفس المرجع ، ص ١٨٧، ص ٢٦١.

(٧٠) نفس المرجع ، ص ٢٦١.

(٧١) د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر ، ص ص ١١١- ١١٢ .

التى ينكر أصحابها إتصال الحوادث ويزعمون بها إحتضار السببية فى باطن الذرة ؟؟ .

ثانياً: القانون السببى والقانون الإحصائى .

١٣١- يمكن القول - بصفة عامة - أن قوانين العلم الأساسية إما أن تكون قوانين سببية causal laws ، أو تكون قوانين إحصائية statistical laws. ووفقاً للتقليد الشائع تُعرف الأولى بأنها " تلك التى تكشف بوضوح عن علاقات سببية مؤكدة بين الحوادث أو بين الظواهر " (٧٢). ومن أمثلتها قوانين الحركة لنيوتن (ف ٣٣) وقوانين المجال لماكسويل (ف٩٠) وقوانين النسبية لأينشتين (ف ٩٨) . أما الثانية فهى تلك التى تخبرنا بتحقق نتيجة معينة - فى ظروف معينة - بنسبة مئوية معينة. أى أنها قوانين إحتمالية probabilistic laws . تحدد علاقات كمية بين أنواع من الحوادث " يمكن " تكرارها ، أو ملاحظة تكرار حدوثها عبر سلسلة طويلة متصلة من التجارب . ومن أمثلتها قوانين الغازات، والقانون الثانى للترموديناميكا (ف ٨٢) وقوانين الطاقة والإشعاع فى نظرية الكم (٧٣)(ف ١٠٨ وما بعدها).

ورغم ما قد يذهب إليه بعض العلماء أمثال " بوهر " و" هايزنبرج " من أن جميع قوانين الطبيعة هى فى جوهرها قوانين إحصائية، وأن هذه الأخيرة تمثل النموذج الأساسى الأعم للقوانين (٧٤). إلا أننا على العكس من ذلك نفترض أن نوعى القانون العلمى : السببى والإحصائى - بالمعنى السابق

---

(٧٢) د. فهمى محمود زيدان : مناهج البحث فى العلوم الطبيعية المعاصرة (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٠)، ص ٦٦ .

(٧٣) نفس المرجع ، ص ٦٩.

(٧٤) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، ص ١٠٠.

- ما هما إلا وجهان لعملة واحدة ، وأن كليهما يفترض مبدأ السببية الذى يفترض بدوره مبدأ الاتصال.

نستند فى هذا الفرض إلى نقطتين تؤدى كل منهما إلى الأخرى، أما الأولى فتتمثل فيما تحويه العلاقة السببية من أنماطٍ تتجاوز النمط التقليدى الشائع لها، والقائل بأن نفس السبب يؤدى بالضرورة إلى نفس النتيجة. وأما النقطة الثانية فتنحصر فى الفارق الواضح بين القانون وتطبيق القانون، بين النموذج الرمزى الذى يستخدمه رجل العلم فى وصف الظواهر، وبين وصف ما هو مرئى أو قابل للرؤية فى الواقع. ولنفصّل ذلك ببعض الأمثلة.

أ- أنماط العلاقة السببية:

١٣٢- بداية لو نظرنا إلى العلاقة السببية لوجدنا أنها تحتمل أنماطاً ثلاثة، وهى (٧٥):-

١- نفس السبب ⇐ نفس النتيجة .

٢- اسباب مختلفة ⇐ نفس النتيجة .

٣- نفس السببُ ⇐ نتائج مختلفة.

وأول هذه الأنماط يُعبر عن نظام حتمى determinist تام، نمثل له بالميكانيكيا النيوتونية. فإذا إستطعنا معرفة الشروط الإبتدائية initial conditions - أى السبب لأى نظام، أمكننا التبؤ على نحو تام بالشروط النهائية final conditions- أى النتيجة. ومن ثم نقول أن هناك تناظر واحد بواحد one - one correspondence بين السبب والنتيجة(٧٦).

---

(75) Lucas : Atreatise on Time and space , p . 53 .

(76) Ibid . Also collingwood, R.G : An Essey on Metaphysics. Agateway ed. , Henry Regnery company , Chicago , 1972 , p. 313.

كمثال لذلك ، إذا أطلقنا رصاصة بسرعة مُعينة فى إتجاه مُعين، فإننا نستطيع أن نُحدد من قوانين الحركة لنيوتن أية نقطة فى الهدف سوف تُصيبها الرصاصة [٧٧]. وهذا يفترض طبعاً أن أسباب الإنحراف البسيط عن النتيجة المحسوبة – كالإحتكاك ومقاومة الهواء مثلاً – يمكن إهمالها، فهى ليست شروطاً جوهرية بالمقارنة مع الرابطة الجوهرية التى يجسدها القانون[٧٨]. وهكذا نقول أن القانون السببى الحتمى حتمية مطلقة هو ذلك الذى يحكم حركة أجسام أو مجالات مفردة دون إعتبار لبنيتها أو تفاعلاتها الداخلية[٧٩].

أما ثانى هذه الأنماط فيعبر عن نظام إحصائى تتراجع حتميته إلى الوراء قليلاً. ويمكن أن نمثل له بالقانون الثانى للثرموديناميكا، حيث يوجد تناظر كثير بواحد many- one correspondence بين كل من الشروط الإبتدائية والنهائية [٨٠]. فعلى سبيل المثال ، إذا تلامس جسمان أحدهما ساخن والآخر بارد، فوفقاً لنص القانون القائل بعدم قابلية الظواهر الحرارية للإرتداد، تتصادم جزيئات كل من الجسمين، ورغم أن هذه الجزيئات متفاوتة السرعة والإتجاه، مما يعنى إختلاف " الأسباب" أو الشروط الإبتدائية، إلا أن ما يحدث إجمالاً هو تعادل جميع السرعات عن طريق الإصطدامات، ليصل الجسمان فى النهاية إلى درجة حرارة واحدة .

ومن الواضح إختلاف النمط الأول عن النمط الثانى. فنحن فى الحالة الأولى نتعامل مع نقطة كتلة مفردة، لها عدد صحيح من المتغيرات

---

(٧٧) فيليب فرانك : فلسفة العلم ، ص ٣٥٣ .

(٧٨) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، ص ٩٢ .

(٧٩) نفس المرجع ، ص ٩١ .

(80) Lucas , OP. Cit., P. 53.

Parameters - كالسرعة والإتجاه والموضع- ولكل متغير منها قيمة مضبوطة بصورة مُثلى، لا أكثر ولا أقل، ومن ثم يمكننا التنبؤ بالنتيجة على نحو صحيح مائة فى المائة (٨١).

أما فى الحالة الثانية فإننا نواجه حشداً من النقاط الكتلية، لكل منها متغيراته الخاصة اللامعروفة، ولذا نلجأ إلى حساب الإحتمالات.

ولعل أشهر الأمثلة على حساب الإحتمالات هو إلقاء العُملة أو قطعة النقود. ومن المعروف أن فُرص الحصول على أحد الوجهين عند إلقاء العملة تكون دائماً متساوية. وعادة ما نقول أن فرصة الحصول على " الرسم " أو " الكتابة " هى ٥٠٪ . ولكن من المتعارف عليه فى الرياضيات أن نقول أن الفرص هى ٢/١ : ٢/١ . فإذا جمعنا الكسرين نحصل على ٢/١+٢/١ = ١ . والواحد الصحيح فى نظرية الإحتمالات يعنى اليقين. فالواقع أنك متأكد تماماً أن إلقاء العملة سيؤدى إلى ظهور إما الوجه أو الكتابة (٨٢).

أمامنا إذن قيمتى صدق منفصلتين لكل جزئ أو نقطة كتلية : صادق وكاذب (أو رسم وكتابة) ، وحتى نستطيع التنبؤ بالنتيجة النهائية لحشد النقاط، نلجأ إلى تعميم قيم الصدق المنفصلة داخل صف متصل من قيم الإحتمال. وهو تعميم يستمد شرعيته من إتصال الزمان والمكان (٨٣)، أو مما عبر عنه "رسل" بمصادرة البناء (ف ١٢٩-٤). ويلزم عن تصور القانون الإحصائى بهذا المعنى أن تكون له خاصية التنبؤ السببى ، لا التنبؤ التام الذى إفترضه نيوتن،

---

(81) Ibid , P. 258.

(٨٢) جورج جاموف : بداية بلا نهاية ، ص ص ٢٠٤ - ٢٠٥.

(83) OP. Cit. P. 259 .

وإنما التنبؤ الدقيق الذى يسمح بإستثناءات تنتظر إكتشاف قانونها الخاص(٨٤). أما النمط الثالث من أنماط العلاقة السببية فعكس الثانى، وإن كانت له أيضا الصفة الإحصائية أو الإحتمالية، حيث يوجد تناظر واحد بكثير one-many correspondence بين الأسباب ونتائجها (٨٥). ولنضرب لذلك مثالاً كماتياً :

هب أن لدينا لوحاً زجاجياً مصقول جيداً، وأن شعاعاً ضوئياً ملوناً يسقط عليه، من الطبيعى حينئذ أن نتوقع إنعكاس جزء من الضوء. أما الجزء الباقى - ولنقل أنه ثلاثة أمثال الجزء الأول- فسوف يمر خلال اللوح الزجاجى. ولا تعتمد النسبة بين هذين الجزئين على شدة الضوء intensity، أو بعبارة أخرى لا تعتمد على عدد الفوتونات الساقطة، إذ مهما كان هذا العدد فسوف ينعكس الربع وينكسر الباقى. فإذا كان عدد الفوتونات الساقطة كبيراً، وليكن مليوناً، فمن السهل أن نقرر عدد ما ينعكس منها وعدد ما ينكسر، حيث نقول أن ربع مليون سوف ينعكس وثلاثة أرباع المليون سوف ينكسر، ونكون بذلك أمام علاقة سببية من النمط الثانى الذى يتضمن تناظر كثير بواحد بين الأسباب والنتائج. ولكن إفرض أن شعاع الضوء كان ضعيفاً للغاية، بحيث أن فوتوناً مفرداً فقط يسقط على اللوح الزجاجى. لا شك أننا هنا نواجه حالة مختلفة. فالسبب واحد ، لكن النتائج متعددة، لأن نسبة إنعكاس الفوتون إلى إنكساره تساوى ١/٤: ٣/٤ بلغة الإحتمالات (٨٦). ومرة أخرى نقول أننا أمام علاقة سببية تتيح قدراً دقيقاً من التنبؤ، ولو بصورة أخرى مختلفة. ووفقاً لهذه

---

(84) Born M: Natural philosophy of cause and chance, Dover publication, Inc. N. Y, 1964 , PP. 101-102.
نقلاً عن د . محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر ، ص ١٠٩ .

(85) Lucas , OP. Cit, P. 53 .

(86) planck: the philo. of physics P. 56.

القسمة الثلاثية لأنماط العلاقة السببية، نستطيع الزعم بأن جميع قوانين الطبيعة تنطوى على ترابطات سببية. وأن تفرقتنا بين ما ندعوه بالقانون السببى والقانون الإحصائى لا أساس لها من الصحة، لأنهما فى النهاية وجهان لعملة واحدة . بل إنهما ليتداخلان أحياناً فى نفس النظام البحثى، فالهواء مثلاً يخضع للقانون العام للغازات إذا أردنا التحدث عن حالته (الضغط والحجم و درجة الحرارة). وهو كما نعرف قانون إحصائى نتنبأ من خلاله بلغة الإحتمالات. لكن هذا القانون نفسه يصبح قانوناً حتمياً إذا ما طبقناه على كل الهواء فى الوعاء الذى يحتويه. فعند معرفة الشروط الأولية للهواء والظروف الخارجية التى تؤثر فيه، يمكننا معرفة حالته النهائية بدقة تامة (٨٧).

وهكذا فإذا كان لابد من التفرقة، فمن الأفضل أن نفرق بين قوانين سببية ذات يقين مطلق، وقوانين سببية ذات يقين دقيق. أو بعبارة أخرى بين قوانين تتسم بالحتمية المطلقة، وأخرى تقسم بحتمية معتدلة (٨٨).

ب – تصور القانون وتطبيق القانون :

١٣٣- النقطة الثانية التى نعزو إليها تفرقة البعض بين القانون السببى والقانون الإحصائى، تتمثل فى الخلط بين القانون كتعميم عقلى إستنتاجى، وبين إستخدام هذا القانون فى النواحى العملية. ولنسترجع معاً مثال الرصاصة أو النقطة الكتلية التى أطلقت نحو هدف معين .

لا شك أن حركة هذه الرصاصة تخضع عقلياً لقوانين الميكانيكا النيوتونية، التى تمنحنا معرفة يقينية تامة بموضع الإصابة إذا عرفنا الشروط الأبتدائية للحركة. ولكن دعنا نحاول إجراء هذه التجربة . هنا سوف ندرك

---

(٨٧) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، ص ص ٩٤-٩٥.

(٨٨) أنظر د. محمود فهمى زيدان : المرجع السابق ، ص ص ١٠٨-١١٠.

الصعوبات الفنية التى تقترن بإطلاق كتلة ما على هذا النحو تماماً. لأننا مهما قمنا بتكرار التجربة تحت نفس الظروف العملية، بمعنى أننا نتخذ فى كل مرة نفس النوع من الترتيبات الفنية لكى نوفر الظروف المطلوبة، إلا أن نقطة الإصطدام لن تكون هى ذاتها فى كل حالة ،وإنما نحصل فقط على نموذج من النقاط المتراصة حول مركز معين. وهكذا فإذا وصفنا الشروط الإبتدائية (أى السبب) بدلالة عمليات فنية ملائمة، فلن يمكننا التنبؤ تماماً بنقطة الإصطدام، ولكن يمكننا التنبؤ فقط بنموذج للإصطدامات أو "التشتت" وهو ما يعنى أننا أمام قانون إحصائى تفرضه العوامل الخارجية للتجربة، فضلاً عن عدم كفاءة الأجهزة التى نرسى بها الموضوع والإتجاه (٨٩).

نستنتج من ذلك أنه لكى يكون القانون السببى ذا طابع حتمى مطلق، لابد وأن يتوافر له شرطان: شرطُ رياضى، وشرطُ تجريبى. وطبقاً للشرط الأول يختفى التشتت فى النتيجة إذا إختفى التشتت فى الظروف الإبتدائية. وطبقاً للشرط الثانى يمكننا التخلص من التشتت فى الظروف الإبتدائية بتوافر أجهزة فيزيائية ملائمة، وتطابق العوامل الخارجية المؤثرة (٩٠). وحيث أننا لم نصل بالشرط الثانى إلى مرحلة التحقق التام، فمن الطبيعى أن تتراجع الحتمية التامة معرفياً، ولكن دون أن يُخِل ذلك بالحتمية الأنطولوجية التى تعمل بمقتضاها ظواهر الطبيعة.

يمكننا إذن القول بأن جميع قوانين الطبيعة -على مستوى العقل- هى فى جوهرها قوانين سببية حتمية، بما فى ذلك القوانين الإحصائية - طالما كان مجموع الإحتمالات فى الرياضيات يساوى الواحد الصحيح. وأن جميع

(٨٩) فيليب فرانك : فلسفة العلم ، ص ص ٣٥٤ -٥٥.

(٩٠) نفس المرجع ، ص ٣٥٦ .

القوانين على مستوى التجربة هى فى جوهرها قوانين سببية إحصائية تتراجع حتميتها بتراجع كفاءة أجهزة القياس. ولا يُخل ذلك كما ذكرنا بالطابع الحتمى لقوانين الطبيعة، بقدر ما يؤكد الطابع التقريبى لمعرفتنا. فكل قياس فى العلم يُعطى دائماً مع خطأ محتمل، والإعتراف بهذا الخطأ هو المنفذ الذى يجرى من خلاله نمو المعرفة وتطوريها (٩١).

خلاصة القول: هناك إزدواج بين العقل وبين ما يريد أن يجعله معقولاً. وليست القوانين السببية بما تنطوى عليه من ضرورة سوى وسيلة عقلية لتنظيم الظواهر المرئية، وعلينا أن نحذر من زعزعتها لأننا لا نستطيع تجاوزها (٩٢).

ثالثاً: الاتصال السببي وقوانين الكم:

١٣٤- كان إتصال التسبيب حتى أواخر القرن التاسع عشر أمراً مسلماً به لدى كافة علماء الفيزياء. ليس كشرط أنطولوجى فقط، ولكن أيضاً كشرط إبستمولوجى يفرضه إستخدام حساب التفاضل والتكامل فى وصف عمليات الطبيعة. فلقد نظر نيوتن إلى العلاقة السببية كدالةٍ متصلة تخلو تماماً من الفجوات. وعلى نفس المنوال نسج " ماكسويل " حين إستكمل النسق الرياضى لنظرية " فاراداى " فى المجال ، مستبعداً بذلك إمكانية التأثير عن بُعد. وهكذا ساد بين العلماء تصور يقضى بأن السبب يؤدى إلى نتيجته عبر سلسلة من المتوسطات السببية اللامتناهية العدد. وأن " الأسباب الصغيرة لها نتائج

(٩١) د. محمد محمد قاسم : المدخل إلى فلسفة العلوم (دار المعرفة الجامعية الأسكندرية ، ١٩٩٦)، ص ٢١.

(٩٢) أندريه لالاند : العقل والمعايير (ترجمة د. نظمى لوقا ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة، ١٩٧٩) ، ص٤٤.

صغيرة " small cause have small effects . بمعنى أن أى تغيير تدريجى فى السبب لابد وأن يؤدى إلى نتيجة متغيرة تدريجياً (٩٣).

على أن هذا التعميم لم يخل دائماً من الاستثناءات، بل لقد كانت الطبيعة تكشف من حين إلى آخر عن طفرات كمية أو كيفية فى عملياتها، تمثل فجوة فى السلسلة السببية. من أمثلة الطفرات الكمية ما يعرف بحالة "اللاإستقرار" Instability . فمن المعروف فيزيائياً أن الجسم يكون فى حالة "إستقرار" ديناميكى أو إستاتيكى إذا ما إستوفى شروط الإتزان Equilibrium، أى عندما تتوازن جميع القوى أو العوامل المؤثرة عليه (٩٤). بحيث أن أى إنحراف عن موضع الإتزان، يواجه بقوة تحاول إعادة الجسم مرة أخرى إلى هذا الوضع (شكل أ). ومن ثم نقول أن الأسباب الصغيرة لها نتائج صغيرة(٩٥).

الإستقرار : بعد أى إنحراف صغير عن موضع الإتزان (القاع) تعود الكرة إليه مرة أخرى. وهكذا نقول أن الأسباب الصغيرة لها نتائج صغيرة.

" شكل (أ) "

أما حالة " اللاإستقرار " أو " الإتزان اللامستقر" فليست كذلك، لأن أى إنحراف صغير عن وضع الإتزان قد يفضى بالنظام إلى حالة مختلفة تماماً، وعلى نحو أكثر دقة إلى مدى بأسره من الحالات التى لا يمكن أن تكون متصلة سببياً بالإنحراف عن الحالة الأولى فقط (شكل ب). وهو ما نعبر عنه

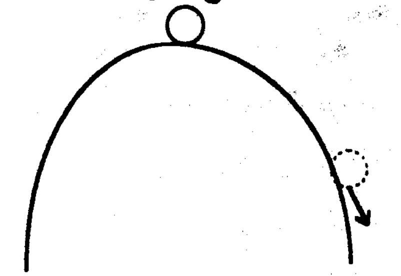
---

(93) Bunge : Causality and modern science , p . 137 .

(٩٤) أنظر : معجم الفيزياء الحديثة ، مادة " إتزان " ، جـ ١ ، ص ٩٤ &مادة " إستقرار " جـ ٢ ، ص ٢٩٧ .

(95) OP . cit , p 140 .

بقولنا أن هنـاك قفـزة سـببية تحـول دون التنبـؤ بالنتيجـة إنطلاقـاً مـن الشـروط الإبتدائية بمفردها، ومن ثم فالأسباب الصغيرة قد تكون لها نتائج كبيرة (٩٦).



اللاإستقرار : الإنحرافات أو الأسباب الصغيرة تؤدى إلى نتائج كبيرة .

" شكل (ب) "

وأما الطفرات الكيفية فمن أمثلتها ما يعرف بالإنتقـال الطـورى للمـادة، أعنى تحول المادة من طور إلى آخر من أطوارهـا الثلاثـة : الغازيـة والسـائلة والصلبة.

وهو التحول الذى يتسم بطابعه الفجـائى أو القفزى. فمثـلاً عنـد تسـخين الثلج تتغير حالته الحرارية تدريجياً حتى تصل إلـى مـا يسـمى بنقطـة الإنتقـال transition point –وهى فى مثالنا درجة الصفر الحرارى– حيث يبدأ الثلـج فجـأه فـى التحـول إلـى مـاء سـائل لـه خـواص فيزيائيـة مختلفـة عـن خـواص الثلج(٩٧).

ورغم أهمية هذه الإستثناءات، إلا أنها لم تكن لتنال مـن مبـدأ الاتصـال، بل كانت تؤخـذ عـادة كعمليـات ظاهريـة تنطـوى علـى إتصـال سـببى مسـتتر. وبعبـارة أخـرى، إذا كـانت القفـزات الكميـة أو الكيفيـة تخـل ظاهريـاً بتفردية uniqueness الربـاط السـببى أو خطيتـه linearity التـى يسـتلزمها

---

(96) Ibid .

(٩٧) لانداو وآخرون : الفيزياء العامة، البند (٦٦) ، ص ٢٤٣.

الاتصال، إلا أننا نستطيع النظر إليها كملتقى لمتسلسلات سببية مختلفة تستدعى تدخل القانون الإحصائى[٩٨]. وقد رأينا أن القانون الإحصائى ما هو إلا شكل تجريبى للقانون السببى ، يُعبر عن قصور معرفتنا وأقيستنا إزاء تعقد الروابط الموضوعية بين الحوادث، وهو ما حدا برسل إلى المصادرة على إتصال البنية الزمكانية لحوادث الطبيعة.

١٣٥- والحق أنه ما كان لمشكلة السببية أن تُثار على هذا النحو الحاد الذى شهدناه منذ بداية القرن العشرين لولا إفتراض " ماكس بلانك " لكم الفعل الإشعاعى (ف ١٠٨) ، ثم إعتقاد "بوهر " و " هايزنبرج " بالإنفصال كنفثة طبيعية مميزة للنظم الذرية[٩٩]. فأولى نتائج هذا الفرض أو ذاك الإعتقاد أن أصبح الوصف الظاهرى لحوادث الذرة مستحيلاً بمصطلحات الميكانيكا النيوتونية، أعنى فى ضوء الزمان والمكان المتصلان من وجهة النظر الكلاسيكية، فكان ذلك مُبرراً لنبذ مبدأ السببية، والإستعاضه عنه بعلاقة اللايقين التى تؤكد الصفة اللاحتمية Interdeterministic لعالم الجسيمات دون المجهرية Submicroscopic[١٠٠].

يُعبر هايزنبرج عن ذلك فيقول: "فى الصياغة الدقيقة لمبدأ السببية: (إذا عرفنا الحاضر بدقة ، أمكننا حساب المستقبل). ولايكمن الخطأ فى الجملة الثانية، وإنما فى الإفتراض الأول. فنحن لانستطيع مبدئياً معرفة الحاضر بكل مواصفاته ... وبما أن الصفة الإحصائية لنظرية الكم ترتبط إرتباطاً وثيقاً بلا

(٩٨) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء، ص ١٢٢.

(٩٩) هايزنبرج : الجزء والكل ، ص ٩٥ .

(100) Negel, Ernest : Teleology revisited and other essays in the philo. and history of science, Columbia University Press, N. Y, 1979, P-22.

دقة جميع الإحساسات، فقد يتوهم المرء أن وراء العالم الإحصائى المحسوس يختفى عالم حقيقى ينطبق فيه القانون السببى. لكن هذه التأملات تبدو عقيمة وخالية من المعنى. فالفيزياء يجب أن تقتصر على وصف رابطة الإحساسات وصفاً شكلياً. ونستطيع أن نصور واقع الحال بشكل أفضل كما يلى: بما أن جميع التجارب تخضع لقوانين الكم، فقد ثبت بشكل قاطع بواسطة الميكانيكا الكمانية عدم صحة قانون السببية"(١٠١).

ويضرب "هايزنبرج" مثالاً توضيحياً لذلك بدراستنا لتحلل ذرة واحدة من ذرات الراديوم "ب" Raduim B . فنحن نعرف أن هذه الذرة ستشع إلكتروناً فى وقتٍ ما وفى إتجاهٍ ما، لتتحول بذلك إلى ذرة راديوم "ت" Radium C . وفى "المعدل" يحدث ذلك بعد حوالى نصف ساعة، ولكن من الجائز أن يتم هذا التحول فى ثوانٍ أو بعد أيام. وكلمة "معدل" هنا تعنى –إذا كنا نلاحظ عدداً كبيراً من ذرات الراديوم "ب" – أن نصف الكمية الملاحظة سوف يتحول بعد نصف ساعة إلى راديوم "ت" . ولكننا –وهذا تعبير عن قصور قانون السببية – لانستطيع أن نعطى سبباً – إذا إعتبرنا ذرة واحدة من ذرات الراديوم "ب" – لكون الإلكترون قد إنطلق فى هذا الإتجاه وليس فى إتجاه آخر. ولكون الذرة قد تحولت الآن وليس بعد أو قبل ذلك. كما أن هناك أسباباً كثيرة تدعونا للإعتقاد بأن مثل هذا "السبب" غير موجود على الإطلاق"(١٠٢).

ومن الواضح أن إستبعاد "هايزنبرج" للعلاقة السببية إنما يرجع إلى تحليله لها فى إطار نمطٍ بعينه ، هو ذلك القائل بأن نفس السبب يؤدى إلى نفس النتيجة. هذا فضلاً عن نظريته المعرفية الخاصة المعروفة بتفسير "كوبنهاجن"،

---

(١٠١) د. محمد عبداللطيف مطلب : المرجع السابق ، ص ص ١١٥-١١٦.

(١٠٢) هايزنبرج : الجزء والكل ، ص ١٤٨.

والتى ينكر من خلالها إمكانية وصف العالم "أو أى جزء منه" دون أية إحالة إلى أنفسنا، كأن نقول مثلاً أن مدينة لندن موجودة سواء أدركناها أم لم ندركها. ففى البحث الكماتى لابد لنا من أن نبدأ بتجزئة العالم إلى "ملاحظة" وإلى "نظام" يخضع لتلك الملاحظة. وكما نعرف فإن هذا النظام عادة ما يكون شيئاً غاية فى الصغر، تحكمه علاقة اللايقين: جسيماً ذرياً مثلاً أو مجموعة من مثل هذه الجسيمات. ولما كان هذا النظام متصلاً إتصالاً مباشراً بترتيبات التجربة، فإن معرفتنا تحمل أثر التعامل مع أداة القياس، مما يُدخل قدراً جديداً من اللايقين يتعلق بالتركيب الميكروسكوبى لهذه الأداة. وحيث أن أداة القياس ترتبط ببقية العالم، فإنها تضم فى الواقع كل "لايقين" متعلق بالتركيب الميكروسكوبى للعالم كله(١٠٣).

هذا من جهة ، ومن جهة أخرى، فإن "الملاحظة" ذاتها تتغير بشكل متقطع غير متصل. وموضع أى قطع يحكمه قرار تعسفى من المجرب بوقف التجربة، ومن ثم فإن التمثيل الرياضى للملاحظة سيتخذ أيضاً شكل تغير متقطع هو ما يُسمى "قفزة الكم" (١٠٤).

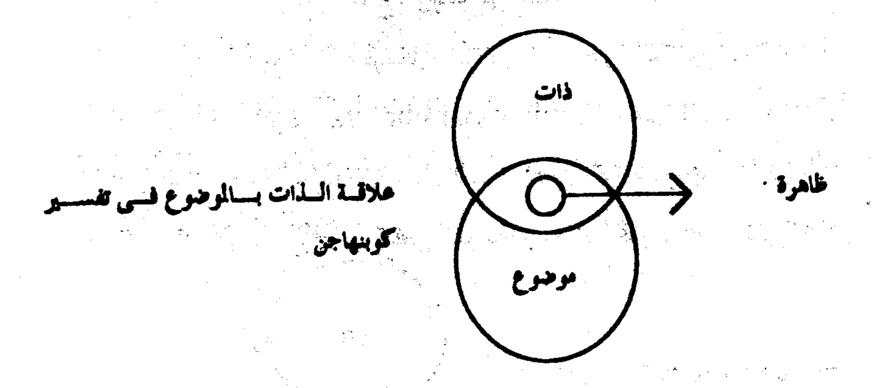
وحتى إذ إفترضنا أن العلاقة السببية قائمة على أحد جانبى أى قطع، فإن هذا الفرض لايمكن أن تدعمه التجربة، لأن ما نستطيع ملاحظته هو شئ ما يقع بدقة فى منطقة التداخل بين الملاحظ وبين الآلات التى يلاحظ بها (شكل جـ) ، وكما ذكرنا فإن نشاط هذه المنطقة ليس محكوماً بقوانين سببية، وإنما بعلاقة اللايقين. وطالما أن النظام البحثى لايوجد مستقلاً بذاته، وطالما أن قوانين الطبيعة ليست نماذج موضوعية، بل إن معناها يختلط بكيفية التحقق

---

(١٠٣) هايزنبرج : الفيزياء والفلسفة، ص ص ٣٧-٣٨.

(١٠٤) نفس المرجع، ص ٣٨.

منها، فإن التسبيب الفيزيائى يمكن تنحيته جانباً، بل إن "هايزنبرج" ليتنبأ بأن مبدأ السبق الزمنى Antecedence ، وهو الدعامة الأولى للإتصال السببى، قد لايمكن الإبقاء عليه فى الخطوة التالية تجاه اللاحتمية(١٠٥).



" شكل (حـ) "

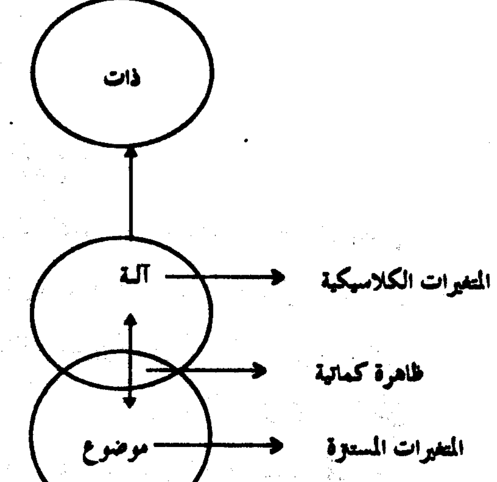
١٣٦- ورغم إتفاق هذا التفسير مع فرضيتنا القائلة بأن غياب الاتصال يعنى زوال التسبيب، إلا أننا لانستطيع المصادرة ببساطة على عدم تحقيق الاتصال فى المجال دون الذرى، ومن ثم إنتفاء العلاقة السببية بين الحوادث. وقد ذكرنا من قبل أن تفسير "كوبنهاجن" ليس تفسيراً نهائياً (ف١١٦)، بل إن له من المعارضين من لاتقل حجتهم قوة عن حُجة "بوهر" و "هايزنبرج" نُشير فى هذا الصدد إلى ما يُعرف بتفسير "بوهم" Bohm - دى بروجلى" لنظرية الكم، وهو تفسير مُضاد ينظر إلى الجسيمات الذرية بوصفها بنى " واقعية موضوعية "، تناظر النقاط الكتلية فى ميكانيكا نيوتن، والموجات فى نظرية المجال

(105) Bunge : Causality and modern science, PP 347-48.

لماكسويل، ونستطيع من خلاله أن نصل إلى نتائج تجريبية تتفق ونتائج تفسير كوبنهاجن(١٠٦).

في هذا التفسير المضاد تقع ظواهر الكم القابلة للملاحظة، لا في منطقة التداخل بين الذات والموضوع، وإنما في منطقة التداخل بين الموضوع والآلة. أما نشاط الموضوع ذاته فيُمثّل رياضياً بعددٍ من المتغيرات الجديدة تعرف بالمتغيرات المستترة hidden parameters، وهي ليست عُرضة لعلاقة اللايقين (شكل ء). وهكذا تنفصل الذات عن الموضوع، وتخضع الحركات العشوائية للجسيمات لقانون سببي إحصائي يمنحنا قدرة على التنبؤ الدقيق(١٠٧).

– علاقة الذات بالموضوع في تفسير "بوهم- دي بروجلي". النظامان الفيزيائيان (الموضوع والآلة) متداخلان، وإن كانا مستقلين عن الملاحظ (الذات) الذي يمكنه التحكم إحصائياً في الظاهرة بواسطة المتغيرات المستترة.



"شكل ء"

ومن الطبيعي أن يُعارض "بوهر" و "هايزنبرج" هذا التفسير(١٠٨). ولكنه مع ذلك إجتذب عدداً كبيراً من العلماء، منهم من نظر إليه كتفسير بديل متكامل ومنهم من إعتبره مجرد خطوة على طريق فض الإشتباك بين الذات

---

(106) Ibid , p . 348.

(107) Ibid ,pp 348-49.

(١٠٨) أنظر هايزنبرج : الفيزياء والفلسفة ، ص ص ٩٢-٩٤.

والموضوع. فهذا "ماكس بلانك" مثلاً – وهو الباعث الأول لفكرة الكم – يؤكد بوضوح أن "نظرية الكم سوف تجد تعبيرها الدقيق فى بعض المعادلات التى سوف تكون صياغة أكثر دقة لقانون السببية" (١٠٩).

أما "آينشتين" ، فرغم ما أحدثه من تطوير فى بنية الفيزياء النظرية، إلا أنه ظل معتقداً بالتحقق الموضوعى للإتصال والسببية، وهو إعتقاد يدعمه إيمان مطلق بوجود إله قادر يحكم العالم بقوانين أشد صرامة مما قد نظن ، أو كما قال:

"لايُصدق بعض علماء الفيزياء – وأنا واحد منهم – أننا يجب أن نتخلى فعلاً وإلى الأبد عن فكرة التمثيل المباشر للحقيقة الفيزيائية فى الزمان والمكان. أو أننا يجب أن نقبل الراى القائل بأن الحوادث فى الطبيعة تشبه لُعبة الحظ. كلٌ منا حُر فى أن يختار قبلته. وكلٌ منا قد يستمد راحة نفسه من قول "لسنج"* – إن البحث عن الصدق أثمن من إمتلاكه"(١١٠).

تعقيب :

١٣٧– هناك ما يغرينا بأن نواصل البحث فى مشكلة السببية، فما زالت أبعادها متعددة، لولا أننا إرتبطنا منذ الهداية بفرضٍ بعينه، أردنا التحقق منه، ألا وهو القائل بإرتباط السببية بالإتصال، أعنى قيامها بقيامه وزوالها بزواله.

---

(١٠٩) د. محمود فهمى زيدان : من نظريات العلم المعاصر ، ص ١٠٣.

* "إبراهام لسنج" E. G. Lessing (١٧٦٢–١٧٨١): فيلسوف وناقد فنى المانى، واحد مفكرى التنوير. عمل على تطوير ألمانيا فى الإتجاه الديموقراطى، ودعا إلى مجتمع يسود فيه العقل المستنير والفكر الحر، وينتفى منه القهر.

(١١٠) آينشتين : أفكار وآراء، ص ١٠٩.

وقد تبين لنا مدى تحقق هذا الفرض من خلال أكثر من مذهب فلسفى ونظرية علمية. فما أثبت الترابط السببى عالم أو فيلسوف إلا وكان لديه إعتقاد" مسبق بإتصال الحوادث فى الطبيعة، وما شكك فى موضوعية العلاقة السببية عالم أو فيلسوف إلا وكانت حجته إنفصال الحوادث. كلّ" برؤيته الفلسفية ومنهجه العلمى.

وقد لايجد هذا الفرض قبولاً مطلقاً لدى البعض(١١١)، زعماً منهم بأن القول بضرورة الاتصال السببى من شأنه أن يقلص مدى شرعية مبدأ السببية، فالإتصال ذاته كمبدأ علمى لايخلو من إستثناءات كمية أو كيفية. الأمر الذى يعنى إنكار المبدأ السببى حيثما غاب الاتصال عن أعين العلماء. لكن هذا الزعم فى الحقيقة يخل بالطابع التفسيرى للعلاقة السببية، فضلاً عن أنه يصادر عليها بطريقة تعسفية، تدفعنا إما إلى قبول "التأثير عن بُعد"، وهى مقولة تجاوزها العلم منذ زمنٍ طويل تحقيقاً لمطالب العقل، أو إلى تجنب الخوض فى إشكالات علمية ما زالت قائمة، وهو ما يعنى تقليص مدى الرؤى الفلسفية التى أصبحت سمة أساسية من سمات العلماء أنفسهم.

والحق أن الأصل لمشكلة السببية كما تبدى لنا خلال هذا الفصل، إنما يرجع إلى غموض فى طرح المشكلة ذاتها. فالبعض -وهم أصحاب المذهب العقلانى- يبحثون عن السببية فى ثنايا تصورات العقل الخالص، بينما يبحث البعض الآخر -وهم أصحاب المذهب التجريبى- عن الشروط التطبيقية لتصور عقلى مبعثه التأمل. وهكذا إتسعت الفجوة بين التصور وتطبيق التصور، أو بين مطالب العقل وتسجيلات الحواس. ولا سبيل إلى ملء تلك

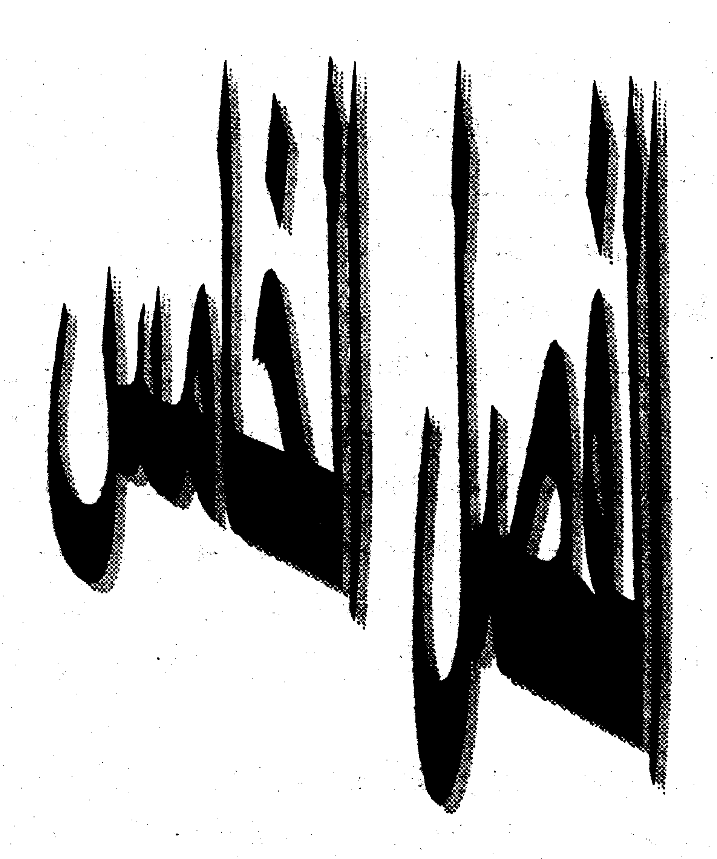
(111) See Bunge: OP- Cit, PP 146-47. also Mccall, S.: A model of the universe, Clarendon Press, Oxford, 1994, P-52.

الفجوة بقرارٍ علميٍ حاسم، فمازلنا كما قال "نيوتن" مثل أطفال يلعبون بالحصى على شاطئ البحر. وربما نزلنا مؤخراً إلى البحر قليلاً، وربما وصل الماء إلى رسغ القدم، لكن محيط الحقيقة الهائل مازال ممتداً أمام أعيننا دون إكتشاف.

لم يبق أمامنا إذن إلا أن نصادر -كما فعل "رسل" – على مبادئ بعينها من البحث العلمى، أملاً فى الوصول إلى دعم تجريبى لها فى المستقبل. وإلا فلنرفض دون مضض نظريات علمية هائلة كمجالات "ماكسويل" ونسبية "آينشتين" طالما كانت فى جوهرها فروضاً عقلية.

أخيراً نتوجه بسؤال محدد إلى دعاة اللاحتمية : كيف تنادون بسقوط الحتمية وأنتم تتخذون منها منهجاً لدعم هذا النداء؟. وبعبارة أخرى: كيف تستبعدون "الحتمية" كنتيجة "حتمية" لتحليلاتكم ؟. أفلا يعنى ذلك "حتمية" العلاقة السببية وعقلانيتها التى تزعمون إستبعادها؟. أفلا يعنى أنها مبدأ عقلى راسخ لايمكن الفكاك منه؟.

ربما كان هذا التساؤل مدخلاً طيباً لفصلٍ أخير، نعرّض من خلاله للعلاقة الجدلية بين العقل والواقع: بين الاتصال كمبدأ رياضى عقلى يستتبع عدداً من المبادئ ، وبين إمكانات وجوده التجريبية.



الاتصال الرياضي والخبرة

١٣٨- تؤدى بنا مشكلة السببية، وإختلاف النزعتين العقلانية والتجريبية حول إتصال التسبيب، إلى مشكلة أخرى قديمة، كنا قد أشرنا اليها بإيجاز فـى نهايـة كل من الفصل الأول والثانى (ف٤١، ٧٧). وتلك هى مشكلة العلاقة بين البنى الرياضة والتجربة. أو على نحو أكثر تحديداً بين التصور الرياضى للاتصـال، الـذى جـاء ثمـرة لنشـاط العقـل الخـالص دون أيـة إحالـة إلـى التجربـة، وبيـن خبراتنا بالمتصلات الفيزيائية كالزمان والمكان والحركة.

تنطوى هذه المشكلة على تسـاؤلات ثلاثـة مترابطـة، يمكـن أن نطرحهـا على الوجه التالى:

أ- اذا كانت البنى الرياضية حقائق تجريدية، تتسم بمطابقتها للصدق، دون أن تخضع للتكذيب التجريبى ،فهل يعنى ذلك أن لها وجودا مسـتقلا عـن العـالمين العقلى والفزيائى ؟. ومـا نـوع الوجـود الـذى يمكـن أن ننسبه إلـى هـذه البنـى المجردة: هل نقول أنها كائنات مثالية مفارقـة بـالمعنى الواقعـى الأفلاطونـى؟. وماذا يحدث لخبراتنا من إختلاف إذا أكدنا وجود هذه الكائنات عما إذا أنكرنـا وجودها ؟.

ب- كيف نصل إلى الكشف الرياضى بكل ما يتسم به من دقة ووضوح؟. هـل مصدره الخبرة بما تُبيحه من إستقراء لوقائع العالم العينـى؟. أم المنطـق الـذى يتيـح لنـا إرتقـاء ُسلم التجريـد بمـا ُيقدمـة مـن قواعـد للإسـتدلال الصـورى الصحيح؟.أم أن هذا الكشـف يعتمـد بالدرجـة الأولـى علـى نـوع مـن القفـزات الحدسية المباشرة كتلك التى يتمتع بها الفنان أو الشاعر ؟.

جـ - كيف تكون الرياضيات وهى العلم المجرد والمستقل تماما عن معطيات التجربة ، متفقه مع الواقع الفعلى؟. وهل هناك إرتباط مباشر، يتجاوز الإنسان، بين البنى الرياضية المجردة وجزيئات العالم المحسوس ؟.

ورغم قِدم هذه التساؤلات وإنتمائها المباشر إلى "أفلاطون"، إلا أنها لازالت تمثل بُعداً هاماً من أبعاد التفلسف فى عالمنا المعاصر. ومع تنوع الإجابات بتنوع المذاهب الفلسفية وإتجاهاتها الأنطولوجية والإبستمولوجية ، تتقدم إجابة "أفلاطون" لتفرض نفسها بقوة بين عدد كبير من الفلاسفة وعلماء الرياضيات. وحيث أننا نميل إلى الأخذ بهذه الإجابة الممثلة لمضمون النظرية الواقعية فى إحدى صورها، فمن الطبيعى أن نعمد إلى تفصيلها، وأن نتلمس إمتداداتها فى الفكر الحديث والمعاصر.

هيا ندلف إذن إلى المشكلة من خلال تساؤلها الأول.

أولاً : وجود الكائنات الرياضية المُجردة .

١٣٩- يندرج البحث فى وجود الكائنات الرياضية المُجردة تحت مشكلة فلسفية شهيرة، زاعت خلال العصور الوسطى المسيحية، حيث كان وجود الحدود العامة أو الكليات universals مثار مناقشة حادة بين نزعات ثلاث، وهى : التصورية conceptualism ، والإسمية nolinalism، والواقعية realism . وبينما قالت التصورية بأن الكليات لا توجد إلا فى الذهن(١)، نجد الإسمية وقد جعلتها مجرد رموز وأسماء تدل على عددٍ غير محدود من الأشياء(٢).

---

(١) المعجم الفلسفى ، مادة " تصورية " ، ص ٤٥ .

(٢) نفس المرجع ، مادة " إسمية " ، ص ١٤.

أما الواقعية فقد أكدت على الوجود المستقل للمعاني والكليات عن كل من الذهن العارف بها، وعالم الجزئيات المدرك بالحواس (٣).

وإنطلاقاً من هذا التمييز، يمكن تعريف الواقعية بأنها نظرية تجعل للحدود العامة أو المجردة، أو الكليات، وجوداً واقعياً يُضارع، بل ويرقى أحياناً على وجود الجزئيات الفيزيائية الفعلية. فالكليات وفقاً لهذه النظرية، سابقة في وجودها على الأشياء، تلك التي تسعى إلى التمثل بها كنماذج تتسم بالكمال (٤). وبهذا المعنى تكون الواقعية مرادفة لما دعاه " هيجل Hegel " (١٧٧٠ -١٨٣١) بالمثالية الموضوعية* Objective idealism ، تمييزاً

---

(3) Runes (ed) : Dict . of philo. , iten: Realisa, P. 280 .

(4) lbid

* إتخذت " الواقعية " عبر تاريخها أشكالاً متعددة ، يمكن أن نحصرها – إلى جانب المثالية الموضوعية التى إنطلقت من أفلاطون – فى نظريتين متمايزتين، وهى الواقعية المباشرة Direct Realism، والواقعية غير المباشرة Indirect Realism . تقوم النظرية الأولى على أن عملية الإدراك هى وعى مُباشر بالأشياء أو الجزئيات المادية المستقلة بذاتها فى الوجود . بينما تقول النظرية الثانية بأن الإدراك هو فى المحل الأول إدراك للصور التى تكون فى العقل وتمثل موضوعات العالم الخارجى. ولذا تسمى بالواقعية الثنائية Dualist Realism ، لأنها تقول بوجود الأشياء فى الواقع ولصورها فى الذهن. ونستطيع أن نمضى إلى ما هو أبعد من ذلك فنقسم النظرية الأولى إلى نظريات فرعية، منها مثلاً "الواقعية الساذجة " Naive Realism ، وهى أبسط أشكال الواقعية المباشرة، ويُفسر بها بعض الفلاسفة وجهة نظر الإنسان البسيط حيال الأشياء، إذ يعتقد أن ما يحسُه من خصائص لتلك الأشياء هو حقيقتها. ومنها أيضاً " الواقعية الجديدة "- Neo Realismالتى تحمس لها الفيلسوف الإنجليزى "جورج إدوارد مور "Moore (١٨٧٣-١٩٥٨)، وتذهب إلى أن الشئ فى حقيقته هو جماع ما يبدو به للناس. أما الواقعية غير المباشرة، فمن أهم أشكالها ما تُعرف "بالواقعية النقدية" Critical Realism ، وهى نزعة مثالية =

لمذهبه ومذهب "أفلاطون" عما وصفه بالمثالية الذاتية Subjective idealism لكلٍ من "باركلى" و "كانط"(٥).

١٤٠- وبينما كانت الواقعية مضمرة فى الديانة المصرية القديمة، التى ميز أصحابها من خلال التألية deification بين الحقائق الأزلية والحقائق الجزئية، وبينما كانت لها إرهاصات واضحة فى الفلسفة الأيونية، إلا أن "أفلاطون" كان أول من عبّر عنها صراحة بنظريته عن الأفكار Ideas أو الصور Forms (٦).

فمن خلال تلك النظرية يُصرح "أفلاطون" بوجود عالم مفارق من الأفكار له طابع إلهى، تقطنه تصورات وماهيات كاملة وصادقة وثابتة Immutable . وتتسم وقائع هذا العالم بأنها حقائق مجاوزة للإدراك والفهم الإنسانى بوسائله العادية، وأنها مستقلة بذاتها سواء إكتشفنا وجودها أو لم نكتشفه، بالإضافة إلى أن إكتشاف هذه الوقائع لايزيدها قيمة، كما لاينقص من قدرها عدم إكتشافها(٧).

= تحيل صفات الأشياء إلى محتويات عقلية أولية تتركب منها الموضوعات الخارجية فى الإدراك لحظة إدراكها، ويمكن أن نسميها مع "هيجل" بالمثالية الذاتية.

أنظر د. عبدالمنعم الحفنى: الموسوعة الفلسفية، مادة "واقعية" ، ص ٥٢٢.

Al 87 & item: Neo-Realism, P-225.

(٥) كولنجوود : فكرة الطبيعة ، ص ١٤٦.

Also Dubrovsky, David :The problem of the ideal, Trans-form the Russian by Valdimir Stankevish, Progress Publishers, Moscow, 1983, PP21-22, P-236.9

(6) Runes, OP-Cit, P-280.

(٧) د. محمد محمد قاسم : جوتلوب فريجه ، ص ٩٨.

بعبارة أخرى، هذا العالم المعقول واللازمكانى Non-spatiotemporal وفقا لأفلاطون(٨) واقعى تماماً بالمعنى الصحيح للكلمة. فليست "الخيرية" أو "الدائرية" Circularity أو "المساواة" Equality ، مجرد أفكار فى عقولنا، أو أنها تصورات من خلق عقولنا، ولكنها مستقلة عن الفكر الإنسانى الذى يدرسها إستقلالاً مُماثلاً للأرض والنجوم والأشياء الأخرى التى يتألف منها العالم الطبيعى(٩) .

من جهة أخرى يربط أفلاطون بين الجانبين الأنطولوجى والإبستمولوجى للواقعية، فالمعرفة الحقيقية التى ندرك بها وجود هذه الكائنات المفارقة، لابد وأن تكون معرفة لازمانية Timeless ، لاتقبل الدحض أو التفنيد، وهذا هو مستوى المعرفة العلمية. أما معرفتنا بالأشياء المادية فمعرفة ظنية، إذ ليست الأشياء إلا مجرد ظلال أو أشباح متغيرة للماهيات أو المثل الأزلية الثابتة(١٠). وهذا فالبنى الرياضية كالدوائر والمثلثات والعلاقات، ومنها مبدأ الاتصال، موجودات واقعية خالية من الخداع، بينما نظائرها فى عالم الأشياء ليست كذلك. فالدائرة الرياضية مثلاً حقيقية بصفة مطلقة، بينما لايُعد كذلك الصحن أو الكأس، لأن صانع الخزف يعجز عن صنعه كامل الإستدارة، فهذه أشياء تخدع العين وتدفعها إلى الظن بأنها كاملة الإستدارة(١١).

---

(8) See: Carr, B.: Metaphysics, OP-Cit, P-56.

(٩) كولنجوود : فكرة الطبيعة ، ص ٦٥.

(10) Robert, J. A. : "Data, instrument, and theory", A dialectical approach to understanding science, Princeton University Press, N. Y, 1985, PP. 3-4.

(١١) كولنجوود : المرجع السابق، ص ٦٥.

هنا تبرز أمامنا مشكلة : إن كان عالم الأفكار خارجاً عن نطاق الزمان والمكان، فمن أين إذن بُعث الزمان والمكان وأصبحا صفتين لعالم الطبيعة؟. ألا يستلزم ذلك وجود صورة أو "مثل أعلى" لهما فى عالم "المثل"؟.

تتسم معالجة "أفلاطون" لهذه المشكلة ببعض الغموض، فالمكان عنده لا يُطابق شيئا من العالم المعقول، إنه الشئ الذى صُنعت منه الصورة المنقولة. فهو شبيه بالطين الذى يستخدمه المثّال، أو الورقة التى يستعملها الرسام. فلا فرق بينه وبين المادة الخام التى تُصنع منها الأشياء لتناظر صوراً فى عالم المثل. أما الزمان فهو صورة متحركة للأبدية. ولا نفهم الأبدية هنا بمعنى غيبة الزمان فحسب، ولكن بمعنى حالة من الوجود لاتتضمن أى تغيير أو حدوث شئ ينقضى، لأنها تحتوى كل شئ ضرورى لها فى فى كل " آن " من وجودها (١٢).

نستطيع تجاوز هذا الغموض إذا أدركنا أن الزمان والمكان ليسا مجرد أشياء فيزيائية، ولكنها فى الحقيقة يمثلان علاقات رياضية تربط بين أشياء، كأن نقول مثلاً أن الزمان متصل أحادى البُعد من الاعداد الحقيقية، وأن المكان متصل ثلاثى الابعاد، او أنهما معاً- بلغة النسبية- متصل رباعى الأبعاد، فالمتصل هنا مجرد " علاقة " نفترض وجودها كدعامة للأشياء. وقد علمنا بوجود الأعداد والعلاقات ككائنات رياضية تقطن عالم المثل.

١٤١- ولعل أبرز تعديل تعرضت له واقعية " أفلاطون " فى عصر الفلسفة اليونانية هو ذلك التعديل الأرسطى، حيث جعل " أرسطو " من الصورة كياناً ملازماً للشئ ومتحققاً به، وإن كان توقعه زهنياً خالصاً (١٣).

(١٢) نفس المرجع ، ص ص ٨٦-٨٧.

(13) Runes, OP. Cit, item : “ Platonism” , P.253

ولا تخرج واقعية العصور الوسطى المسيحية عن هذين الوجهين من الواقعية: الأفلاطونى والأرسطى. فلقد آمن القديس " أوغسطين " ، متبعاً فى ذلك " أفلاطون "، بوجود حقائق أزلية مستقلة وثابتة، يستكشفها العقل ولا يؤلفها، منها القوانين المنطقية والقضايا الرياضية، ومنها أيضاً الحقائق الفلسفية والخلقية[١٤].

أما القديس "توما الإكوينى" St. T. Aquinas (١٢٢٥-١٢٧٤) فقد تبنى وجهة نظر "أرسطو" القائلة بتعلق الصورة بالمادة وتجريدها بالعقل[١٥].

ورغم تحول النظرة العلمية فى العصر الحديث، وإهتمام علماء الطبيعة بالكم التجريبى دون الكيف العقلى، إلا أننا نلمح بوضوح إتجاهاً واقعياً أفلاطونياً لدى مُعظم فلاسفة تلك الحقبة. فمن جانبه لم يتردد "باسكال" Pascal (١٦٢٣-١٦٦٢) فى القول بأن الكائنات الرياضية، كالمثلث مثلاً تتمتع بوجود مستقل كوجود هذا الحجر، لأن فكرة المثلث تصدم فكرة بنفس القوة التى يصدم بها الحجر جسمه[١٦]. وقد تابعه فى ذلك "مالبرانش" Malebranche (١٦٣٨-١٧١٥) فكتب قائلاً: "إذا فكرت فى الدائرة أو العدد ، فى الوجود أو اللامتناهى، أو هذا الشئ المتناهى المعين، فإنى أفكر فى أشياء واقعية، لأنه لو كانت الدائرة التى أفكر فيها غير موجودة، فإنى إذ

---

(١٤) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الأوروبية فى العصر الوسيط، دار القلم، بيروت، بدون تاريخ، ص ص. ٢٧-٢٩.

(١٥) نفس المرجع ، ص ١٨١.

(١٦) د. محمد عابد الجابرى: تطور الفكر الرياضى والعقلانية المعاصرة ، ص ١٣٢.

أفكر فيها أكون أفكر فى لاشئ ... وإذا كانت أفكارنا أزلية أبدية، ثابتة وضرورية، فلابد وأن تكون موجودة فى طبيعة ثابتة كذلك(١٧).

أما "ليبنتز" فقد فرّق بوضوح بين "الحقائق الأزلية" Eeternal truths و "الحقائق العرضية"، مؤكداً إستقلال الأولى عن الثانية وصدقها بغض النظر عن تحققها فى عالم الأشياء التجريبية. فحقائق الحساب الخالص مثلاً تبقى ثابتة وصادقة حتى لو لم يكن هناك شيئ يمكن أن يُعد ، وحتى لو لم يكن هناك من يعرف كيف يعدّ(١٨).

وبنفس المعنى تحدث "بولزانو" عن واقع Realm * القضايا والحقائق فى ذاتها Propositions and Truths in themselves، حيث إعتقد بوجود مستقل للكائنات الرياضية عن ذلك الواقع الزمانى Temporal reality المتمثل فى وجود المحتويات النفسية Psychical contents – أو عمليات التفكير – والمحتويات الفيزيائية العينية Concrete physical contents (١٩).

ولو تطرقنا إلى مذهب "هيجل" ، لوجدنا نسقاً من التصورات المنطقية، يُشبه عالم الصور الأفلاطونى من حيث لاماديته ومعقوليته الصرفة، ومشابهته للكائن العضوى فى تركيبه، ومن حيث التسليم بأنه أساس كل وجود

---

(١٧) نفس الموضع.

(18) Cassirer, E. : Substance and Function, OP-Cit, P-312.

* تابعت الدكتور "محمد قاسم" فى ترجمته لكلمة Realm بكلمة "واقع" التى توازى المقصد الحقيقى للكلمة الإنجليزية لدى مستخدميها ، ألا وهو القول بواقعية الكائنات الرياضية وإستقلالها تماماً من عالمى العقل والفيزياء.

أنظر : د. محمد قاسم: كارل بوبر ، ص ٣٥٧.

(19) Loc-Cit.

مادى وعقلى. لكن ثمة إختلاف بين نظرية "هيجل" ونظرية "أفلاطون"، فبينما كان عالم الصور (المثل) عند أفلاطون ثابتاً خالياً من التغير والصيرورة، كان عالم "هيجل" غارقاً فى التغيير. فهو عالم دينامى يتفجر وجوده بإستمرار فى صيرورة، ويؤدى كل تصور فيه -إعتماداً على الضرورة المنطقية - إلى تصور لاحق[٢٠].

ويمثل عالم الصور هذا الذى يتميز بديناميته والذى وصفه "هيجل" فى جملته بإسم "الفكرة" ، المصدر المباشر للطبيعة، أو خالقها المباشر. كما أنه يمثل مصدراً لامباشراً للعقل من خلال الطبيعة. وهكذا رفض "هيجل" كما ذكرنا مذهب كل من "باركلى" و "كانط" ، أو ما أسماه بالمثالية الذاتية، تلك التى إعتقدت بأن العقل مسلمة سابقة للطبيعة، أو إعتقدت فى قيامه بخلقها[٢١].

وقبل أن يصل القرن التاسع عشر إلى نهايته، وجد هذا الإتجاه الأفلاطونى دعماً جديداً من قبل الفيلسوف النمسوى "ألكسس مينونج" A. Meinong (١٨٥٣-١٩٢٠) ، وذلك بنظريته فى " المحتويات المبنية " Founded contents ، التى فصل من خلالها مراتب الوجود الواقعى للموضوعات المختلفة، فبالإضافة إلى الإحساسات البسيطة وكيفيات الحواس المختلفة، هناك بناء من الموضوعات الأعلى ترتيباً Objects of higher order ، قوامه المعانى والعلاقات الخالصة أو ما دعاه "مينونج" بالموضوعات الميتافينومينولوجية Metaphenomenal ، كالتساوى والإختلاف والكثرة والوحدة. هذه الموضوعات نعتقد بوجودها دون إرتباط بتحققها فى الواقع النفسى أو الفيزيائى المحدود بالزمان والمكان. فالرباعية

---

(٢٠) كولنجوود : فكرة الطبيعة ، ص ١٤٥.

(٢١) نفس المرجع، ص ١٤٦.

Fourness مثلاً كعلاقة كلية تتسم بوجودها المستقل، بغض النظر عن التفكير فيها، وبغض النظر عن رباعيات الأشياء فى الواقع المادى(٢٢).

كذلك سلمّ الفيلسوف والرياضى الألمانى "جوتلوب فريجه"، الذى كان معاصراً لمينونج، بواقعية عالم الأفكار وموضوعيته إلى جانب العالمين النفسى والفيزيائى ويمكن إعتبار مقالته فى "الأفكار"Thoughts (١٩١٨) بمثابة حلقة الوصل بين قدماء رأوا فى القول بوجود واقعى للكليات نصيراً لثبات الأفكار وموضوعيتها، ومعاصرين نادوا بذلك فى ضوء نتائج العلم المعاصر(٢٣).

ويكفى أن نشير من بين المعاصرين إلى الفيلسوف "كارل بوبر" Popper (١٩٠٢-١٩٩٤) الذى حدثنا عن ثلاثة عوالم متمايزة من الناحية الأنطولوجية: الأول عالم فيزيائى، يشمل الأشياء المادية العضوية وغير العضوية. والثانى عالم الخبرات الشعورية الذى يضم الخبرات الحسية وأفكارنا وخيالاتنا وذكرياتنا. والثالث عالم المعرفة الموضوعية، وهو عالم موضوعات الفكر والنظريات فى ذاتها وعلاقاتها المنطقية(٢٤).

١٤٢- مما تقدم نلاحظ أنه كان هناك إعتقاد بوجود عالم خاص بالكليات، يرقى بمحتوياته فوق عالمى المحتويات النفسية والفيزيائية. فالأفكار والمجموعات Ensembles، والقضايا والعلاقات، واللزومات Implications ... الخ واقعية خافية ، نعانى حقيقتها من حين إلى آخر . وليس هذا العالم نتاجاً خالصاً للعقل ، بل موضوعاً له. فكما يتلمس الفلكى والفيزيائى

(22) Cassirer, OP-Cit, PP 338-39.

(٢٣) د. محمد محمد قاسم: جوتلوب فريجه ، ص ٩٩.

(٢٤) د. محمد محمد قاسم: كارل بوبر ، ص ص ٢٩٩-٣٠٠.

والجيولوجى وقائعه فى عالم الحس، فكذلك عقل الرياضى، يرتاد عالم الكليات، مُستكشفاً الآفاق والأعماق، ومستخرجاً الأفكار كما تستخرج الأحجار من محجرها(٢٥).

ولا شك أن إقبال هذا الجمع من الفلاسفة وعلماء الرياضيات على القول بعالم للأفكار مستقل لم يأت من فراغ، وإنما كان له ما يبرره من ضرورات واقعية ومنطقية، تشير ببساطة إلى تعثر الإنسان وسط حقائق لاقبل له بها من حيث الخلق والإبداع، بل إن دوره تجاهها ليتوقف عند حدود الكشف ومحاولة الفهم والتفسير(٢٦).

حقاً لقد إنتهج البعض الآخر سبلاً أخرى فذهبوا إلى أن البناءات الرياضية هى محض عمليات ذهنية، قد تطابق الواقع وقد لا تطابقه، أو هى بعبارة أخرى، مجرد رموز نختلقها إختلاقاً، وقد يتصادف أن تجد لها تحقيقاً فى عالم الخبرة(٢٧)، لكن هذا النهج المُلح على قدرة العقل على الخلق الرياضى تعترضه تساؤلات اشد إلحاحاً : فماذا عن القوانين والنظريات العلمية؟.

هل هى مجرد بناءات رياضية من خلق العقل ؟ . أفلا يعنى ذلك أننا نخلق الطبيعة؟ وهل كانت الكواكب ثابتة فى مدارتها حتى جاء " كبلر " فحركها ؟ أم هل كان متصل الزمان - مكان غائباً عن الوجود حتى قام " آينشتين " بخلقه ؟.

---

(25) Cassirer, OP-Cit, P-313.

(٢٦) د . محمد محمد قاسم : جوتلوب فريجه، ص ١٠٧.

(٢٧) أنظر: د. محمد عابد الجابرى: تطور الفكر الرياضى، ص ص ١٣٣. وما بعدها.

يبدو إذن أنه لامناص من التسليم بوجود الكائنات الرياضية ، وإستقلالها عن العقل الإنسانى الذى تقتصر إنجازاته على كشفها ، وهو ما يقودنا إلى البُعد الثانى لمشكلتنا، أعنى التساؤل عن وسيلة الكشف الرياضى.

ثانياً : بنية الكشف الرياضى :

١٤٣- كيف نصل إلى الكشف الرياضى؟. وهل تلعب الخبرة أوالتجربة دوراً فى هذا الكشف؟. أم أن الأمر يتعلق بنشاطٍ عقلىٍ خالص؟. وإذا كان الكشف الرياضى ثمرة لنشاط العقل، فهل يعتمد بالدرجة الأولى على الإستدلال المنطقى، أم أنه مجرد معرفة حدسية مباشرة؟.

ترتبط الإجابة عن هذه التساؤلات بمناقشتنا السابقة لوجود الكائنات الرياضية المجردة. فإذا كنا نسلم بوجود موضوعى ومستقل لتلك الكائنات، فمن الطبيعى أن نستبعد إجابة النزعة التجريبية، القائلة بأن القضايا الرياضية، وكل الأفكار المجردة ماهى إلا تعميمات تجريبية، تعود إلى مصدرٍ وحيد هو الخبرة الحسية. أما إذا حصرنا أنفسنا فى نطاق العقل، فمن الضرورى أن نفرق بين كون الكائنات الرياضية إكتشافاً عقلياً مباشراً، لايُخل بواقعيتها المستقلة، وبين كونها خلقاً حُراً للعقل، ولا وجود لها خارجه.

على أن إستبعادنا للنزعة التجريبية لايعنى فى الحقيقة إنكار الدور الذى تلعبه الحواس فى الكشف الرياضى، فالكليات كما ذكرنا ما هى إلا حدود عامة، تُطابق حدوداً جزئياً فى العالم المادى، ومن ثم فالخبرة الحسية ضرورية لبعث النشاط العقلى وتحويله من النظر فى الجزئيات إلى إكتساب المعرفة بالكليات. هذا من جهة، ومن جهة أخرى لايعنى قولنا بواقعية الكائنات الرياضية وإستقلالها إعتبار العقل مجرد متلقٍ سلبى لها، فللعقل

الإنسانى نشاطاته وفعالياته السابقة لأى كشف رياضى، وإن كان هـذا الكشـف يستلزم فى النهاية ما ندعوه بالقفزات الحدسية المباشرة.

وحتى لانصادر على النتيجة دون مقدمات، فسنعرض بإيجـاز للإجابـات المختلفة فى ضوء نتائج العلم المعاصر.

أ- النزعة التجريبية Empiricism:

١٤٤- تنطلق النزعة التجريبية فى كافة أشكالها من مبدأ أساسـى، يؤكـد أن كل ما لدينا من

معارف مكتسب وليس فطرياً أو قبلياً، فالمعرفة تنشـأ عـن التجربـة وتكتسـب قيمتها ومضمونها بقدر إتصالها بالواقع التجريبى المحسوس فقط[٢٨].

وتقوم التجريبية فى شـكلها المـادى علـى فكـرة أن العـالم الخـارجى هـو أصل التجربة الحسية. وهـذا مـاعبر عنـه "بيكـون" (ف ١٢١) ، و "لـوك" (ف ١٢٢) وممثلوا المادية الفرنسية فى القرن الثامن عشر. لكن هذا الوجه المادى للتجريبيـة عارضـه تاريخيـاً وجـه آخـر يمكـن أن ندعـوه بالذاتيـة، حيـث قـدم "الوضعيـون" بـالرجوع إلـى "بـاركلى" و "هيـوم" أشـكالاً مختلفـة لمفهـوم ذاتـى للخبرة ، وإتخذوه أساساً لمواقفهم المعرفيـة[٢٩]. مـن ذلـك مثـلاً مـا ذهـب إليـه الفيلسـوف النمسـاوى "إرنسـت مـاخ" E. Mach (١٨٣٨-١٩١٦) مـن أن الأشياء هى مجموعة من الإحساسات الذاتية تكتسب قيمتها مـن إتفـاق الـذوات بشأنها[٣٠]. ومن ثم فليست القوانين الفيزيائيـة سـوى تأليفـات مـن الأفكـار لهـا

---

(٢٨) د. محمد قاسم : كارل بوبر، ص ٢٦٤.

(٢٩) د. محمد عبداللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، ص ١٤٢.

(٣٠) د. عبدالمنعم الحفنى :الموسوعة الفلسفية ، مادة "ماخ" ، ص ٤٠٦.

علاقة مباشرة بالخبرة والملاحظة[٣١]. ولقد أشرنا إلى بعض أشكال النزعة التجريبية فى معرض تناولنا لمشكلة السببية، ورأينا أنها جميعاً لاتستقيم دون لجوءٍ إلى العقل. أما الآن فيستوقفنا تحليل الفيلسوف الإنجليزى "جون ستيوارت مل" Mill (١٨٠٦-١٨٧٣) للمعرفة الرياضية، وتفسيره لماهية الاتصال، وهو تفسير ينطلق فيه من دعوى المذهب الحسى القائلة بأن الخبرة أو التجربة هى المصدر الوحيد لكافة معارفنا.

لايختلف "مل" عن دعاة النزعة التجريبية فى شكلها الذاتى، إذ يرد المعرفة، سواء أكانت عينية أو مجردة، إلى أساس نفسى أو سيكولوجى تحكمه قوانين التداعى. ومن ثم فليس العقل سوى "ذلك الشئ الذى يشعر"[٣٢] أو هو "ذلك الشئ المؤلف من سلسلة المشاعر النفسية المترابطة بفعل التداعى"[٣٣].

وإنطلاقاً من هذه النظرة، يرفض "مل" وجود الماهيات أو المعانى الكلية المجردة بما فى ذلك المبادئ الرياضية التى يعزوها إلى الملاحظة الحسية، شأنها شأن مبادئ العلم الطبيعى. فالقضايا الحسابية مثلاً هى فى حقيقتها علاقات شيئية محسوسة فى العالم المادى المحيط بنا، وهى ككل العلاقات المدركة بالحواس عرضية Accidental ومتغيرة Variable، وبالتالى فليس من المستبعد أن يُلم الإنسان فى كونٍ آخر- تختلف فيه الأشياء عما هى عليه

(٣١) د. محمد قاسم : المرجع السابق، ص ٢٦٩.

(٣٢) د. عبدالفتاح الديدى: النفسانية المنطقية عند جون ستيوارت مل (الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٥)، ص٢٦٩.

(٣٣) نفس المرجع ، ص ٤٦.

فى كوننا - بهندسةٍ أخرى، أو بحسابٍ آخر، يكون بمقتضاه حاصل ضرب ٢ × ٢ مساوياً لخمسة وليس لأربعة(٣٤).

ويؤكد "مل" أن الحقيقة العامة ليست فى نهاية الأمر سوى مجموعة من الحقائق الجزئية، فالإستدلال الواقعى يتم دائماً من جزئيات إلى جزئيات ... من أمثله ملحوظة إلى أخرى غير ملحوظة(٣٥). وهذا ما يفسر ديمومة الأشياء وإتصالها، أو ما يدعوه "مل" بالإمكان المتصل للإحساسات. فإذا رأى أحدهم ورقة بيضاء على منضدة، وإنصرف إلى غرفة أخرى بعيدة، إختفت الإحساسات، ولكن بقيت مع ذلك إمكاناتها، بدليل عودة الإحساسات إذا عاد الشخص لينظر إلى الورقة البيضاء على المنضدة ذاتها. ولهذا السبب تظل الأشياء الطبيعية الخارجية ثابتة، فليست هذه الأشياء سوى الإمكانات المستديمة للحواس(٣٦).

هكذا يستبدل "مل" الحقيقة التجريبية بالصدق الرياضى المجرد، ويُحيل الإنسان إلى مجرد آلة تنفعل بالأشياء مثلما تنفعل آلة التصوير بالضوء والألوان. لكن ذلك إن دل على شيئ، فإنما يدل على ضعف إستعداد "مل" الرياضى، وقصور معرفته بالرتب المختلفة لمتسلسلات الأعداد، أو بتجاهل معرفتها(٣٧).

فإذا كان زعمه بشيئية الأعداد، أو بكونها خواصاً لأشياء محسوسة، يصدق بالنسبة للأعداد البسيطة مثل "واحد" أو "إثنين" أو "ثلاثة"، إلا أن هذا

---

(34) Cassirer; The problem of knowledge, OP-Cit, P-55.

(٣٥) د. عبدالفتاح الديدى: المرجع السابق، ص ١٥٢.

(٣٦) نفس المرجع ، ص ١٥٣.

(37) Loc-Cit.

الزعم يُصبح مرفوضاً عندما يتعلق الأمر بالأعداد الصماء (ف ١١، ٥٥) أو التخيلية (ف ٦١ ،٦٢)، وقبل ذلك بالنسبة للأعداد الكبيرة، وإلا فما هي الوقائع الفيزيائية اللازمة لتعريف العدد ٧٧٧٨٦٤، ومن منا لديه القدرة على مشاهدة مثل هذه الوقائع؟. بل ما الوقائع التى تتطابق مع عددٍ مثل "الصفر"؟. لم يحدث قط - فيما يقول "فريجه" - أن رأى أحدنا أو لمس صفراً من الحصى[٣٨]. أما إذا إفترضنا إمكان وجود متصل رياضى، يتألف من عددٍ لامتناه من الإحساسات - بشئ أو بعددٍ لامتناه من الأشياء - فلسنا حينئذ ببعيدين عن العقل الذى جرده "مل" من كل إمكاناته الفاعلة بمعزل عن الحواس.

١٤٥- من جهة أخرى يذكرنا تحليل "مل" للمعرفة الرياضية بوجه آخر للتجريبية أشد تطرفاً، يُعبر عنه الفيلسوف الإمريكى " وليم جيمس " W. James (١٨٤٢-١٩١٠) بنزعته البرجماتية pragmatism. وهى نزعة تحصر معنى "الحقيقة" أو "الفكرة" أو "الجملة" فيما يترتب عليها من نتائج عملية يمكن مواجهتها تجريبياً وإدراكها حسياً[٣٩]. فإذا قلنا مثلاً أن تياراً كهربائياً يمر فى سلك، فلسنا نشير بذلك إلى وجود موجه غير مرئية، وإنما نلخص فقط مجموعة من الوقائع الملاحظة مثل شحن البطاريات أو رنين الأجراس أو تحرك الآلات، فالكهرباء هى ما تفعله. ولايعنى الحديث عن الجاذبية وجوداً حقيقياً لكائنات غامضة تسمى القوى، وإنما الإشارة فقط إلى وقائع مثل سقوط الأجسام أو جذر البحر ومده وإرتباطه بحالات القمر، ...الخ. ومعنى ذلك أن التصورات أو النظريات التى يكون لها نفس الآثار

---

(٣٨) د. محمد محمد قاسم: جوتلوب فريجه، ص ص ٣٩-٤٠.

(39) Runes (ed) : Dict. of philo., item Progmatism, P-261.

متكافئة فى معناها مهما بدا إختلافها فى المضمون، ولامعنى لتلك التصورات التى ليست لها آثار مباشرة[٤٠].

وتلك كما يشير جيمس هى " التجريبية الأصيلة " التى تجعل من "الخبرة الخالصة" مصادرتها المنهجية، والتى لاتسمح داخل أبنيتها بأى عنصر لايقع تحت الخبرة بطريقة مباشرة ولاتستبعد من أبنيتها أى عنصر يقع تحت الخبرة، فما يقع فى الخبرة هو الواقعى، وكل ما هو واقعى يجب أن يقع فى الخبرة[٤١].

وإذا كان "جيمس ينطلق فى تفسيره للإدراك من منطلق نفسى، مثلما فعل "مل"، فيسلم بإتصال الإحساسات فى الذات الإنسانية، إلا أنه يرفض أن يرد هذا الاتصال إلى مجرد تأليفات وجدانية يقوم بها العقل لطائفة من الإدراكات المنفصلة بموجب قوانين التداعى، فليس العقل عنده آلة صماء أو لوحة بيضاء ترتسم عليها الإنطباعات الحسية وتتجاذب بالتداعى، وإنما هو "أداة" بيولوجية، لاتنفك تواجه المواقف الجديدة الطارئة فترد عليها بما عساه أن يكتب النجاح والبقاء لصاحب تلك الأداة[٤٢]. وبهذا الوصف يرد "جيمس" الحالات السيكولوجية للعقل كالإدراك والتخيل إلى مجرد حركات فسيولوجية[٤٣]، وتُصبح كلمة العقل إسماً، لا لكائن روحى أو آله صماء، وإنما لنمط معين من السلوك يؤديه الكائن الحى. وعلى هذا فقد زال الحاجز

---

(٤٠) إير : المسائل الرئيسية فى الفلسفة، ص ٤٨.

(٤١) د. محمد مهران : فلسفة برتراندرسل ، ص ٥٨.

(٤٢) د. زكى نجيب محمود : من زاوية فلسفية (دار الشروق ، القاهرة، جـ ٣١، ١٩٨٢)، ص ص ٢١١-٢١٢.

(٤٣) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ٤١٧.

التقليدى بين العقل والجسم، وأصبح كلاهما نسيجاً واحداً، ينتظم تارةً فيكون عقلاً وتارة أخرى فيكون جسماً، وتلك هى "الواحدية المحايدة" Neuteral monism التى بشر بها " ماخ " وتبناها " رسل " بعد تعديل وتطوير[٤٤].

ورغم إختلاف "جيمس " فى ذلك عن سابقيه من التجريبيين الذاتيين، إلا ان النتيجة واحدة ،بل هى تأكيد لما أعلنه هؤلاء من رفض للكليات والمعانى المجردة، وحصر للواقعية فى الإدراك المباشر للجزئيات المتغيرة والمتكثرة Pluralistic. ولما كان المتصل الرياضى تصوراً كلياً مجرداً، فمن الطبيعى ألا يحظى بقبول تلك النظرة، لأن من العبث أن نوفق بينه وبين ما هو قائم فى عالم الواقع ،أوأن نبحث عن تطابق له مع متصل الإحساسات، فهذا الأخير لايقبل التحليل إلى عناصر كالمتصل الرياضى ،ولا يتسنى لنا إدراكه إلا بالنفاذ إلى مجرى الحياة ذاتها . وهكذا يظهر تعارض "جيمس " مع الأفلاطونية ،وإقترابة الشديد من فيلسوف مثل "برجسون"يجعل من المتصل كلاً ميتافيزيقياً واحداً لايقبل التجزئة [٤٥].

١٤٦- ولاشك فى جاذبية هذا الموقف - شأنة شأن موقف "مل " - لأولئك الفلاسفة الذين دعاهم "جيمس " بأصحاب العقول الصلبة (وهم التجريبيون). لكن مناقشة التفصيلات من شأنها تليين تلك العقول، لاسيما حينما يتعلق الأمر ببنية النظريات العلمية، التى تنطوى فى كثير من الاحيان على كميات صماء أو تخيلية لايمكن تعريفها فى إطار المدركات الحسية[٤٦].

---

(٤٤) د. زكى نجيب محمود : المرجع السابق، ص ٢١٢.

(٤٥) د. زكريا إبراهيم :دراسات فى الفلسفة المعاصرة ،ص ٣١.

(٤٦) اير : المسائل الرئيسية فى الفلسفة ، ص ص ٤٨-٤٩.

أما الدحض الأكبر لهذا الموقف فيأتى من قبل الكشوف الحديثة فى الفسيولوجيا وعلم النفس. فلقد إتسم القرن العشرون، نتيجة لهذه الكشوف، بنظرة علمية جديدة، ترفض النظرة القديمة القائلة بأن العقل إمتداد مادى للجسم* ، وتؤكد أن الإدراك الحسى – ناهيك عن الذاكرة والوعى – وإن كان يتوقف على عمليات فيزيائية وكيميائية ، ليس شيئاً مادياً بحد ذاته ومن ثم فليس العقل والدماغ نسيجاً عضوياً واحداً بل هما شيئان مختلفان تمام الإختلاف، وليست الأفكار أو الإرادة من صنع المادة وإفرازاتها، بل تؤثر تأثيراً مباشراً فى العمليات الفسيولوجية ذاتها(٤٧).

يُعبر عن ذلك العالم الإنجليزى "تشارلز شرنجتون" Sherrington (١٨٥٧–١٩٥٢) مؤسس فسيولوجيا الأعصاب الحديثة ، فيقول – تعقيبا على ما توصل إليه من نتائج بحثية : " هكذا ظهر فرق جذرى بين الحياة والعقل. فالحياة هى مسألة كيمياء وفيزياء، أما العقل فهو يستعصى على الكيمياء والفيزياء" (٤٨).

وتوضيحا لدور الجهاز العصبى فى عملية الإدراك الحسى ، يسوق العالم الأسترالى "جون إكلس" Eccles (١٩٠٣–)، المتخصص فى

---

* قد يبدو ذلك مخالفا لنظرة "الواحدية المحايدة" القائلة بأن النسيج المحايد للعقل والمادة هو مادة خام أكثر أولية لاهي بالمادية ولا بالذهنية. ولكننا نركز هنا على نقطتين: الأولى هي القضية العامة للواحدية التى تقرر أن العقل والمادة يتألفان من شيئ واحد، سواء أكان مادياً أو ذهنياً أو محايداً. أما الثانية فتتمثل فى الزعم العام للتجريبية بأن الخبرة هى المصدر الوحيد لمعارفنا.

(٤٧) د. محمد محمد قاسم : المدخل إلى فلسفة العلوم ، ص ٢٣٣.

(48) Sherrongton, C.: Man on his nature, Cambredge University Press, Cambridge, 1975, P-230.

نقلا عن روبرت أجروس، جورج ستانسيو: العلم فى منظورة الجديد ، ص ٢٦.

مبحث الأعصاب، بعض الأمثلة: فالبصر مثلا يُعطينا في كل لحظة صورة ثلاثية الأبعاد للعالم الخارجي، ويركب في هذه الصورة من سمات الإلتماع والتلون مالا وجود له إلا في الإبصار الناشئ عن نشاط الدماغ. ونحن بالطبع ندرك النظائر المادية لهذه التجارب المتولدة عن الإدراك الحسي - كحدة المصدر المشع والطول الموجي للإشعاع المنبعث. ومع ذلك فعمليات الإدراك ذاتها تنشأ بطريقة مجهولة تماماً عن العمليات المنقولة بالرموز من شبكية العين إلى الدماغ(٤٩).

كذلك الحال بالنسبة لحاسة التذوق، فإذا كان من شأن اللسان أن يدلنا على ملوحة البحر، إلا أنه لايفسر لنا سبب هذه الملوحة أو كيفية إدراكها. والأكثر من ذلك، لا يمكن لإنسان، حتى ولو كان عالماً رياضياً أو فيزيائياً، أن يدرك حسياً أو يتخيل متصل الزمان - مكان الذى حدثنا عنه آينشتين ، ولكنه يمكن أن يفهمه بما لديه من قوة إدراكية تفوق الإحساسات، ألا وهى العقل(٥٠).

قد يتوقف الإدراك الحسى إذن على عالم الفيزياء والكيمياء ، لكنه ليس مقصوراً عليه، تماماً، كما يتوقف وجود كتاب ما على عناصر الورق والصمغ والحبر الذى يتكون منها، لكن فهمه لايتم بمجرد إجراء تحليل كيميائي للحبر ولألياف الورق، حتى لو عرفنا طبيعة كل جزئ من جزيئات الورق والحبر معرفة كاملة، وإنما يتوقف فهمه على العقل، وهو ليس بمادة(٥١).

---

(٤٩) نفس المرجع ، ص ٢٨.
(٥٠) نفس المرجع، ص ص ٣٣ -٣٤.
(٥١) نفس المرجع ، ص ٢٩.

أما الفسيولوجى الكندى "ويلدر بنفيلد" Penfield (١٨٩١-١٩٧٦) فقد بنى بحوثه فى آليات الدماغ معتقداً بالنظرة القديمة التى تفسر العقل بالمادة، لكن نتائج التجارب التى أجراها على أدمغة ما يربو على ألف مريض فى حالة وعى، جاءت – على عكس ما توقع – دعماً للنظرة الجديدة. فلقد ثبت بما لا يدع مجالا للشك أنه ليس فى قشرة الدماغ أى مكان يستطيع التنبية الكهربائى فيه أن يجعل المريض يعتقد أو يقرر شيئاً. قد يستطيع هذا التنبيه أن يثير الأحاسيس والذكريات، غير أنه لايقدر أن يجعل المريض يصطنع القياس المنطقى، أو يحل مسائل فى الجبر بل إنه لايستطيع أن يُحدث فى الذهن أبسط عناصر الفكر المنطقى، وبالتالى فليست هناك أعضاء جسدية للعقل البشرى والإرادة البشرية(٥٢).

وقد نلمس فيما توصل إليه "بنفيلد" قدرا مما أسماه :"جيمس" "بالرصيد الحيوى" Vital balance أو "النَفَس الثانى" Second wind الذى يدفع بالإنسان إلى إستثمار طاقاته المستترة بفعل الإرادة(٥٣). لكننا سرعان ما نتبين أن ماهية الإرادة عند جيمس تختلف تماما عما قرره "بنفيلد"، فهى ليست ملكة عجيبة مطوية فى أعماق النفس تغلفها الأسرار من كل جانب ، كما نفهم من تجارب "بنفيلد" وإنما هى جزء من مظاهر الحياة العقلية ، يُعبر عن ذلك الميل الذهنى – الحركى ، الذى يدفع بالأفكار دائماً إلى إنتاج مجموعة من الحركات، اللهم إلا إذا عاقتها أفكار مضادة أو معارضة. ومن ثم فكل فعل

---

(٥٢) نفس المرجع ، ص ٣٩.

(٥٣) انظر : كولن ويلسون : الزمان نهباً للفوضى (فى كتاب كولن ويلسون & جون جرانت :فكرة الزمان عبر التاريخ) ص ٣١٢.

إرادى هو مجرد نموذج لذلك الفعل الذهنى - الحركى، أو ذلك الإستعداد الذهنى لتركيز الإنتباه فى فكرة واحدة مع إستبعاد غيرها من الأفكار(٥٤).

وما يعنيه ذلك أن الإرادة عند "جيمس" هى فى حقيقتها "إرادة التذكر"، أو إستعادة الأفكار المختزنة فى العقل عن طريق الحواس. أما عند "بنفيلد" فهى إرادة الوصول إلى الكشف بمعزل عن الحواس ونخلص من ذلك إلى أن التغييرات الفيزيائية والكيميائية فى عضو الحس وفى مسارات الأعصاب وفى الدماغ، ماهى إلا جسر يوصلنا إلى عتبة الإحساس، وأن الإدراك الحسى، وإن كان يقتضى تغييراً مادياً هو فى ذاته غير مادى، وعلى ذلك فقد سقط الزعم الرئيسى للتجريبية، القائل بأن الحواس هى المصدر الوحيد لمعارفنا، وبات من الضرورى الإعتراف بوجود العقل كملكة لامادية، لاتخضع بالموت للتحلل كسائر الأعضاء الجسدية، وليس الإنسان مجرد رزمة من ردود الأفعال أو الدوافع أو الآليات، وإنما هو قوة روحية واعية، تحمل من المعانى ما لاسبيل إلى تفسيره بلغة الغرائز والسلوكيات.

أفلا يستتبع ذلك إذن الإعتراف بوجود كائنات رياضية مجردة، يصل إليها العقل الذى هو من طبيعتها - بمعزل عن الحواس ؟.

ب - النزعة العقلانية Rationalism :

١٤٧- على العكس من المبدأ الأساسى للنزعة التجريبية، يذهب العقلانيون إلى أن المعرفة الحقة قوامها الفكر. فالعقل وحده، بما يحويه من مبادئ سابقة على التجربة، هو مصدر المعرفة اليقينية، تلك التى تتسم بخصال ثلاث أساسية: فهى أولاً "مطلقة" ، بمعنى أنها ثابتة لاتتغير بتغير الزمان والمكان.

---

(٥٤) د. زكريا أبراهيم : دراسات فى الفلسفة المعاصرة ، ص ص ٤٧-٤٨.

وهى ثانيا ضرورية، بمعنى أنها واضحة بذاتها وتفرض نفسها بشكل حتمى، فالضرورى هنا فى مقابل الإحتمالى. وهى أخيرا "كلية"، بمعنى أنها عامة ومشتركة بين الناس جميعاً(٥٥) .

ولما كانت المعرفة الرياضية تُجسد هذه الخصال ، فهى من ثم النموذج الأمثل للمعرفة العقلية، والمنهج الضرورى لكل علم يسعى إلى الدقة واليقين(٥٦) .

أما الخبرة والإحساسات ، فليست بقاعدة مضمونة لإكتساب المعارف، لأنها خداعة وزائفة، جزئية ومتغيرة. ورغم أهميتها فى بعث النشاط العقلى، إلا أنها تحتاج دوماً إلى تزكية العقل(٥٧).

وعلى الرغم من أن فلاسفة النزعة العقلانية مختلفون فيما بينهم حول وجود البنى الرياضية المجردة، ما بين قائل بأنها أفكار" من صُنع العقل ، وقائل بأنها كائنات مستقلة يكتشفها العقل ولا يؤلفها ، إلا إننا نلمح لديهم شبه إجماع على أن "الحدس" intuition – أو الرؤية الكلية المباشرة – هو السبيل الأوحد للمعرفة الرياضية. وإن كان ذلك لايعنى إستبعادهم للإستدلال المنطقى logical deduction كدرجة من درجات المعرفة تأتى سابقة أو لاحقة أو معاصرة للحدس.

ولعل "ديكارت" هو أول من يستوقفنا كفيلسوف عقلانى فى العصر الحديث، حيث جعل من الفكرة اللبنة الأولى فى بناء مذهبه . فالفكرة هى كل

---

(٥٥) د. محمد عابد الجابرى : تطور الفكر الرياضى ، ص ص ١١٦ – ١١٧.

(٥٦) نفس المرجع ، ص ١١٧.

(٥٧) د. محمد عبد اللطيف مطلب : الفلسفة والفيزياء ، ص ١٤٢.

ما يستطيع العقل إدراكه مباشرة، والأفكار الواضحة المتميزة هى ما تؤلف الحقيقة[٥٨].

ولاينظر "ديكارت" إلى الأفكار ككائنات واقعية مجردة، تقطن عالماً آخر كعالم المثل الأفلاطونى، كما لاينظر إليها كتعميمات تجريبية يتوفر الحصول عليها بالخبرة، وإنما هو يعتقد بفطريتها، أى بكونها موجودات ذهنية أودعها الله الإنسان بفعل الخلق، ومن ثم فهى كامنة فى العقل، ولدينا إستعداد دائم لتوليدها ومعرفتها[٥٩].

ولكن كيف يتيسر لنا معرفة تلك الحقائق أو المبادئ البسيطة ؟ . يجيب "ديكارت" بأنه "الحدس"، فهو الخطوة الأولى لأى عمل عقلى يتصف بالدقة والوضوح، وبه ندرك المبادئ الأولى المجاوزة للحس والخيال. يقول "ديكارت" : "لاأعنى بالحدس الإعتقاد فى شهادة الحواس المتغيرة، أو أحكام الخيال الخادعة . . . ولكنى أعنى به تصور النفس السليمة المنتبهة تصوراً هو من السهولة والتميز بحيث لايبقى أى شك فيما نفهمه، أى التصور الذى يتولد فى نفس سليمة منتبهة عن مجرد الأنوار الإلهية. وعلى هذا النحو يستطيع كل إنسان أن يرى بالحدس أنه موجود وأنه يفكر، وأن المثلث محدود بثلاثة خطوط، وأنه ليس للكرة إلا سطحاً واحداً، وغير ذلك من الحقائق المشابهة التى هى أكثر عدداً مما يُعتقد فى العادة"[٦٠].

---

(٥٨) د. محمد محمد قاسم : كارل بوبر، ص ٢٦١.

(٥٩) أنظر ديكارت : مقال عن المنهج ، ص ص ٢٣٠ - ٢٣٤.

(٦٠) ديكارت : القواعد لقيادة العقل، القاعدة الثانية عشرة. نقلاً عن :
د. محمد مصطفى حلمى : مقدمة الترجمة العربية لمقال عن المنهج، ص ١٣٩.

أما القياس أو الإستدلال المنطقى فيأتى فى مرحلة لاحقة للحدس، إذ يختص بتركيب المعرفة إنطلاقا من الحدوس البسيطة. وبينما يمتلك الحدس يقيناً حاضراً، فإن الذاكرة هى المصدر المباشر ليقين القياس ، وذلك بما تختزنة من أفكار ومبادئ سبق أن إكتسبتها بالحدس هذا فضلا عن أن الحدس لاغنى عنه فى القياس عند الإنتقال من حد إلى حد، بل أن إستنباط النتيجة هو فى حد ذاته حدس(٦١)، وهو ما دفع "ديكارت" إلى وصف القياس الأرسطى بأنه سلسلة من الحدوس البسيطة المتصلة(٦٢).

١٤٨- ورغم إختلاف البناء المذهبى لديكارت عن كل من "سبينوزا" Spinoza (١٦٣٢-١٦٧٧) و "ليبنتز" إلا أننا نجد لديهما الأمر نفسه فيما يتعلق بالمنهج. فلقد أقام "سبينوزا" نسقاً فلسفياً على غرار النسق الهندسى، ضمنه كتابه الرئيسى "الأخلاق" Ethics الذى نشر بعد وفاته. وهو بذلك يؤكد على يقين المعرفة الرياضية ودقة منهجها(٦٣).

---

* إستخدم الدكتور محمد مصطفى حلمى فى ترجمة للنص المذكور كلمة "البداهة" بدلاً من كلمة "الحدس" كمقابل للمصطلح الفرنسى intuition ، حيث رأى أن الأولى أقرب إلى المعنى الذى يرمى إليه "ديكارت" من الثانية التى قد تحتمل عدة معان، منها فى العربية إصابة الحد الأوسط إذا وُضع المطلوب، أو إصابة الحد الأكبر إذا أصيب الأوسط، وبالجملة سرعة الإنتقال من معلوم إلى مجهول. ولكننا آثرنا الإبقاء على كلمة "الحدس" حفاظاً على التماسك اللغوى للبحث. انظر المرجع السابق، حاشية ص ١٣٨.

(٦١) نفس المرجع ، ص ١٤٠.

(٦٢) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، ص ٦٣.

(63) Runes (ed) : Dict - of Philo., item :Spinozism, P-315.

أما سبيلنا لإكتساب تلك المعرفة فيتبين بالتمييز بين مراتب المعرفة المختلفة، وهى على ما يقول "سبينوزا" أربع مراتب، تتسلسل على النحو التالى[٦٤]:-

١- معرفة سماعية، نتناقلها عن الغير، مثل معرفتى بتاريخ ميلادى، وبوالدى، وما أشبه ذلك، وهى فى نظر "سبينوزا" معرفة غير علمية.

٢- معرفة بالتجربة المجملة أو الإستقراء العام، وهى إدراك للجزيئات بالحواس على ما يتفق، بحيث تنشأ فى الذهن أفكار عامة من تقارب الحالات المتشابهة، مثل معرفتى أن الزيت وقود النار، وأن الماء يُطفئها. هذه المعرفة متفرقة، وأصل إعتقادنا بهذه الأفكار وأمثالها أننا لم نصادف ظواهر معارضة لها ، دون أن يكون لدينا ما يُثبت لنا عدم وجود مثل هذه الظواهر.

٣- معرفة عقلية إستدلالية تستنتج شيئاً من شئ ، كإستنتاج السبب من النتيجة دون إدراك الكيفية التى أثر بها السبب على النتيجة. أو هى معرفة تطابق قاعدة كلية على حالة جزئية، كتطبيق معرفتى أن الشئ يبدو عن بعد أصغر منه عن قرب، على رؤيتى للشمس، فأعلم أن الشمس أعظم مما تبدو لى.

هذه المعرفة يقينية، لكنها أيضا متفرقة، ولارابط بين أجزائها.

٤- معرفة عقلية حدسية تدرك الشئ بماهيته، مثل معرفتى أن النفس متحدة بالجسم لمعرفتى ماهية النفس، أو مثل معرفتى خصائص شكل هندسى لمعرفتى تعريفه، وأن الخطين الموازين لثالث متوازيان. هذه المعرفة الأخيرة هى الكاملة لأن موضوعاتها معان واضحة متميزة يكونها العقل

---

(٦٤) يوسف كرم : المرجع السابق ، ص ص ١٠٨-١٠٩.

بذاته، ويؤلف إبتداء منها سلسلة مركبة من الحقائق، فيخلق الرياضيات والعلم الطبيعى، حيث تبدو الحقيقة الجزئية نتيجة لقانون كلى، ويفصح العقل عن فاعليته وخصبه، وإستقلاله عن الحواس والمخيلة.

هكذا يضع "سبينوزا" المعرفة الحدسية على قمة مراتب المعرفة، فيجعل منها منطلقاً لتحصيل المعانى البسيطة، اللازمة لأى نسق علمى، وهو فى ذلك لايختلف كثيراً عن "ديكارت"، اللهم إلا فى قوله بوحدة الوجود أو بأن الجزئيات هى وحدات أو صفات للجوهر الواحد اللامتناهى.

أما "ليبنتز" فقد كانت تفرقته بين أنواع الجواهر الثلاثة: الميتافيزيقية والرياضية والفيزيائية (ف٣٧)، مقدمة لتمييزه بين درجات ثلاث للمعرفة: معرفة حدسية مباشرة، وأخرى عقلية إستدلالية، وثالثه حسية. بالأولى ندرك الكليات أو الحقائق الأزلية كالمثل الأفلاطونية وحقائق الحساب الخالص، وهى فى جملتها معرفة سامية تتخطى كل إستدلال، وتتعدى كل منطق وتعلو على كل قياس(٦٥). أما الثانية فمعرفة رمزية إستدلالية، تختص بإقامة الأنساق الرياضية والمنطقية وبتحليل القضايا وتركيبها، ورغم وضوحها، إلا أنها مختلطة، تفتقر إلى الحدس المباشر كيما تكون واضحة ومتميزة(٦٦)، وأما الثالثة فمعرفة تجريبية، تعكس الأشياء الملموسة فى الواقع الخارجى، وهى جزئية وغامضة ومتناثرة، لاتكتسب الوضوح إلا بتدخل الذهن(٦٧)، يقول "ليبنتز" فى "مقالات جديدة فى الفهم الإنسانى": "إن المعرفة لايمكن أن تكون بأكملها حدسية، لأننا لانستطيع الوصول دائماً إلى الأفكار الوسيطة، كما أنها

---

(٦٥) د. على عبدالمعطى محمد : تيارات فلسفية حديثة، ص ٣٤٧.

(٦٦) يوسف كرم: تاريخ الفلسفة الحديثة، ص ١٢٨.

(٦٧) د. على عبدالمعطى محمد: المرجع السابق، ص ٣٤٩.

لاتكون حسية دائماً، لأن معرفتنا الحسية تنحصر في معرفتنا للأشياء التي تؤثر على حواسنا في اللحظة الراهنة، بل الواقع أن معارفنا تجمع بين الحدس والإستدلال والحس[٦٨].

١٤٩- تلك بإختصار شديد أبرز نماذج النزعة العقلانية في العصر الحديث، وهي فيما نلاحظ اقرب إلى وصف المنهج الفعلي للرياضيات والفيزياء عما أقرته النزعة التجريبية. فعلى سبيل المثال، لم يكن إكتشاف "آينشتين: للنسبية سوى قفزة حدسية مباشرة يسبقها بعث حسي ويتبعها إستدلال عقلي، مما يؤكد أهمية الدرجات الثلاث للمعرفة. حقاً أن "آينشتين" لم يدخل معملاً قط، ولكنه إستفاد بالطبع من مشاهدات سابقة. كتجربة "ميكلسون – مورلي" (ف ٩٣-٩٤)، وتحقيق "هرتز" لمجالات "ماكسويل" (ف ٩١) . وهنا قد نتساءل: ولما لاتكون النسبية إستدلالا منطقياً خالصاً فحسب؟.

ونجيب بسؤال آخر فنقول: وهل كان الإستدلال بعيداً عن متناول من سبقوا "آينشتين". لا شك أنه كان متاحاً، لكن إستجلاء المبادئ وإستنباط النتائج – كما أخبرنا العقلانيون – لايعدو أن يكون فعلاً حدسياً. وفي ذلك يقول "آينشتين" : "إن غاية ما يصبو إليه الفيزيائي هو أن يصل إلى تلك القوانين الأولية العامة التي يمكن أن يبنى على أساسها صورة الكون عن طريق الإستدلال البحت. وليس هناك طريق منطقي إلى هذه القوانين. إن "الحدس" وحده، الذي يرتكز على الفهم المتعاطف مع التجربة، هو الذي يستطيع أن يصل إليها"[٦٩].

---

(٦٨) نقلا عن نفس المرجع، ص ٣٤٨.

(٦٩) آينشتين: أفكار وآراء، ص ١٠.

من جهة أخرى نستطيع القول بأن مراحل الكشف الرياضى لنظرية الكم كانت فى جوهرها سلسلة من الحدوس العقلية المباشرة، بدءً من إشتقاق "بلانك" للصيغة الرياضية الحاكمة لإشعاع الجسم الأسود (ف١٠٨)، ومروراً بإفتراض "دى بروجلى" لموجات المادة (ف١١١)، ووصولا إلى مبدأى التتام واللايقين لـ "بوهر" و "هايزنبرج"[٧٠] (ف١١٥).

يتضح ذلك من أقوالهم التى وصفوا بها تلك الكشوف، فلقد ذكر "بلانك" مثلاً أنه شعر كما لو كان قد توصل إلى كشف من الطراز الأول، ربما لايضارعه إلا إكتشافات "نيوتن ..."[٧١]. بينما يعلق "هايزنبرج" على إكتشاف "بوهر" لمسارات الكم الإلكترونية فيقول : "إن إستخدام "بوهر" للميكانيكا الكلاسيكية وميكانيكا الكم يُشبه تماماً إستخدام الرسام للفرشاة والألوان. بالطبع فإن أية صورة لاتتحدد من الألوان والفرشاة ولكنهما لازمتان فى إخراج ما يدور فى مخيلة الفنان ... إن "بوهر" يعرف تاماً تصرف الذرات أثناء الظواهر الضوئية، وأثناء التفاعلات الكيميائية ، وقد أكسبته هذه المعرفة عن طريق "الحدس" تصوراً لتركيب الذرات المختلفة[٧٢]. أما "هايزنبرج" نفسه، فيصف الظروف التى أحاطت بإكتشافه لمبدأ اللايقين قائلاً: "ربما كان الليل قد إقترب من منتصفه فى ذلك اليوم الذى بدا فيه الحل قريباً منى، حين تذكرت فجأة محاورتى مع "آينشتين" ، وخصوصاً قوله "إن النظرية هى التى تحدد ما نستطيع مشاهدته بالفعل". لقد تجلى لى على الفور أنه يتحتم البحث عن مفتاح تلك البوابة المغلقة فى هذا

---

(70) Morris, R.: Dismantling the universe, OP-Cit, P-64.

(٧١) هايزنبرج: الفيزياء والفلسفة، ص ٢٢.

(٧٢) هايزنبرج : الجزء والكل ، ص ٥٧.

الموضع، ولم يكن أمامي سوى القيام بجولة خلال حديقة الفالية* . Falled Park ، مأخوذاً بالتفكير العميق في عواقب مقولة "آينشتين"(٧٣).

وما نخرج به من ذلك أن الكشف الرياضي وإن كان يخطو أولى خطواته بدهشة حسية، ويصاحب في طريقه نمطاً من الإستدلال العقلي والمنطقي، إلا أنه في النهاية قفزة حدسية مباشرة لاتكتسب بالتجربة أو بالجهد الواعي للعقل. وقد كتب الرياضي الألماني "جاوس" الذي حاول لمدة عامين أن يبرهن على نظرية رياضية دون أن ينجح في ذلك فقال : أخيراً نجحت منذ يومين ، لم يكن ذلك بسبب جهودي المضنية ولكن بفضل من الله. وكومضة برق مفاجئة، حدث أن حل اللغز ، وأنا نفسي لاأستطيع أن أتكلم عن كنه ذلك الخيط الهادي الذي يربط بين ماعرفته من قبل، وما جعل نجاحي ممكناً(٧٤).

والسؤال الآن" ماذا عن كيفية القفزات الحدسية المباشرة؟ كيف يقوم العقل بتلك القفزات؟ وما الذي يضمن لنا صحتها؟

---

* هي إحدى حدائق مدينة كوبنهاجن.

(٧٣) نفس المرجع ، ص ١٠٢، ولمزيد من التفاصيل حول دور الحدس في الكشف العلمي، راجع د. ماهر عبدالقادر محمد: مناهج ومشكلات العلوم. الإستقراء والعلوم الطبيعية، (دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ط٢، ١٩٨٢).

(74) Quoted in Hadamard, j. : The psychology of invention in the mathematical field, Princeton, 1945, P-14.

نقلا عن انطوني ستور : العبقرية والتحليل النفسي ... فرويد ويونج ومفهوم الشخصية ، (في كتاب بنيلوبي مري: العبقرية – تاريخ الفكرة ، ترجمة محمد عبدالواحد محمد ، مراجعة د. عبدالغفار مكاوي، سلسلة عالم المعرفة، العدد(٢٠٨)، أبريل ١٩٩٦) ص ٣١٥.

تستلزم الإجابة عن هذا السؤال أن نطرق مرة أخرى أبواب علمى النفس والفسيولوجيا. ولكن تستوقفنا قبل ذلك محاولة أخرى مميزة فى تاريخ الإبستمولوجيا، رمى صاحبها إلى التوفيق بين النزعتين التجريبية والعقلانية: إنها محاولة "كانط" النقدية.

جـ- كانط ونزعته النقدية:

١٥٠- لقد حاول "كانط" بنزعته النقدية أن يحسم النزاع الإبستمولوجى بين المذاهب التجريبية والعقلانية، مستخدماً ما أسماه بالقضايا التركيبية القبلية، تلك التى تجمع فى رأيه بين المظهرين الحسى والعقلى للمعرفة، وتجعل من قيام العلم الرياضى والفيزيائى أمراً ممكناً. فليست القضايا الرياضية، كما ذهب العقلانيون، مجرد أحكام تحليلية، كما أنها ليست أحكاماً "بعدية" A Posteriori قائمة على الخبرة كما ظن التجريبيون، وإنما هى أحكام تركيبية وقبلية A Priori فى آنٍ معاً. هى تركيبية لأن محمولها يُضيف جديداً إلى موضوعها، بمعنى أنها توسعية Extensive وليست تفسيرية[٧٥]. فإذا قلنا مثلاً أن "الخط المستقيم هو أقرب بُعد بين نقطتين" ، كنا بإذاء حكم تركيبى، لأننا نضيف تصوراً كيفياً هو "معنى الإستقامة" ، إلى تصور كمى هو "أقرب بُعد" ، وبذلك نأتى فعلاً مركباً[٧٦]. وإذا فكرنا فى القضية "٥+٧=١٢" ، وجدنا أيضاً أنها قضية تركيبية ، لأن تصور الشق الأول منها لايحوى أى شئ سوى إجتماع العددين فى واحد، بينما نحن لانفكر على الإطلاق فى

---

(٧٥) كانط : مقدمة لكل ميتافيزيقا مقبلة، ص ٥٤.

(٧٦) نفس المرجع ، ص ٥٧ & وأيضاً د. محمد ثابت الفندى: مع الفيلسوف ، (دار النهضة العربية للنشر والتوزيع، بيروت، ١٩٨٠)، ص ١٧٠.

ماهية هذا العدد الواحد الذى يجمع بين العددين الآخرين. ومن ثم فنحن بالشق الثانى من القضية نتوسع فى مفهوم تصورنا، ونضيف إليه تصوراً جديداً لم يكن متضمناً فى مفهومه. ولدرك هذا بصورة أوضح كلما إستخدمنا أعداداً أكبر(٧٧).

أما كون القضايا الرياضية "قبلية" ، وليست "بعدية"، فلأن ضرورتها مستمدة من "حدس" قبلى مجرد بالمكان والزمان، فالمكان هو الحدس المجرد لعلم الهندسة، والزمان هو الحدس المجرد لعلم الحساب، وهما معاً صورتان خالصتان للقوة الحساسة، تنطبقان على مادة الخبرة، فتولدان تمثل الإمتداد والديمومة الحسيين(٧٨).

بعبارة أخرى نستطيع القول أن المكان والزمان حدسان قبليان للحدوس التجريبية. ورغم كونهما أوليين وسابقين على الخبرة، إلا أن ذلك لايعنى مساواتهما بالأفكار الفطرية التى قال بها السابقون، لأن المعارف الأولية عند "كانط" هى بمثابة شروط ضرورية قائمة فى الذهن، دون أن تكون معارف جاهزة مُعدة من قبل، أو حقائق نظرية منقوشة فى طبيعة العقل. ومن هنا فإن "كانط" لايؤمن بوجود إدراكات عقلية مفطورة، أو حدوس ذهنية مغروزة فى طبيعة العقل، بل هو يعتبر العناصر الأولية بمثابة شروط ضرورية للمعرفة، على أن تجئ الحدوس التجريبية فتكون بمثابة "معطيات" تتمثل أمام الذهن، ويكون فى وسع الذهن أن يُركب منها "معرفة". ومعنى هذا أن "الأولى" فى حد ذاته لايقدم لنا معرفة، اللهم إلا حين تجئ المعطيات الحسية فتكون بمثابة مادة يُركب منها التجربة، ويقدم لنا عن طريقها ما نسميه

---

(٧٧) كانط : المرجع السابق، ص ص ٥٦-٥٧.

(٧٨) د. زكريا إبراهيم: كانط أو الفلسفة النقدية، ص ٧١.

بالعلم. وأما حين يؤخذ "الأولى" على حدة، فإنه لايمكن أن يؤدى إلى علم أو معرفة على الإطلاق(٧٩).

هكذا يفهم "كانط" الحدس بمعنى مختلف تماماً عن ذى قبل، فالمكان والزمان، وإن كانا حدسين عقليين مجردين، إلا أنهما مجرد صورتان قبليتان، تنتظم فى إطارهما مدركاتنا الحسية، فلا قيمة لهما إذن إلا بإمدادات الحواس. أما القفزات الحدسية المباشرة، والتى تضعنا وجهاً لوجه أمام الحقائق الأزلية أو الأشياء فى ذاتها، فليست من إمكانات العقل المجرد. يقول "كانط" :" إننا نسلم بالكائنات المعقولة، ولكننا نتمسك بهذه القاعدة التى لا إستثناء فيها، وهى أننا لانعلم شيئا معينا عن الكائنات المعقولة الخالصة، ولا يمكن معرفة أى شيئ عنها، لأن تصورات الذهن المجردة مثل الحدوس الخالصة لاتنطبق إلا على موضوعات التجربة الممكنة، وبالتالى على الكائنات المحسوسة فقط، فإذا ما إبتعدنا عنها فإن التصورات تفقد كل دلالتها"(٨٠).

وتلك نظرة ينطلق فيها "كانط" من مسلمات الهندسة الإقليدية، التى جمعت قضاياها فى وقتٍ ما سابق بين النظر والتطبيق، أو بين الفكر والواقع المحسوس، بمعنى ألا يكون "المعنى" سوى ما ندركه حسياً(٨١). وقد رأينا كيف أدى تطور الرياضيات الحديثة إلى تجاوز تلك النظرة، ليصبح الصدق الرياضى مقصوراً على عدم التناقض المنطقى بين القضايا، دون إحالة إلى الواقع. بل لقد بدا هذا الواقع، وفقاً لنسبية "أينشتين"، مخالفاً للتصور الإقليدى

---

(٧٩) نفس المرجع ، ص ٦٤.

(٨٠) كانط : المرجع السابق، فقرة (٣٢) ، ص ١٢٧.

(٨١) أنظر نفس المرجع ، فقرة (١٢) ، ص ٨١.

للمكان، ومن ثم فهو تصور خاطئ من جهة الواقع، يستتبع خطأ الحدس العقلى المقوم له.

على أن ذلك لايعنى فى الحقيقة عدم إتساق البناء الكانطى داخلياً ، بل هو متسق فى حدود المسلمات التى إنطلق منها، حتى وإن تجاوزها العلم المعاصر. فإذا سأل سائلُ : وكيف يُطابق الواقع تلك التصورات الرياضية المركبة التى لايمكن إدراكها حسياً، كالأعداد الصماء والمجموعات اللامتناهية؟. أجاب "كانط" بأنها "توقعات الإدراك الحسى" Anticipations of preception . ولنا عودة أخرى لاحقة مع هذا التعبير الكانطى.

ء- المعرفة الحدسية المباشرة : نفسياً وفسيولوجياً.

١٥١- بغض النظر عن إختلاف المذاهب الفلسفية ومشكلاتها الميتافيزيقية، يثير مفهوم "الحدس" عدداً من القضايا الإبستمولوجية المرتبطة بطبيعة السلوك الحدسى وأبعاده النفسية والفسيولوجية، فضلاً عن علاقته بسبل المعرفة الأخرى.

وما نعنيه هنا بالحدس هو تلك الرؤية الكلية المباشرة للمعانى العقلية المجردة، أو مادعاه "هوسرل" Husserl (١٨٥٩-١٩٣٨) "بالقدرة على إدراك الماهيات"(٨٢). وبهذا المعنى يمثل الحدس ضرباً من المعرفة الميتافيزيقية المجاوزة لإدركات الحواس والنشاط الواعى للعقل.

---

(82) Marcuse, H. : Negations, Essays in critical theory, trans- from the German by Jeremy J. Shapiro, Free association books, London, 1988, P-52.

ولعل عالم النفس السويسرى "كارل جوستاف يونج" Jung (١٨٧٥-١٩٦١) هو أول من تناول بالبحث ظاهرة الحدس كظاهرة سيكولوجية ، دون أن تشغله الصراعات الميتافيزيقية فى الفلسفة. وإن كان تفسيره العلمى لطبيعة الحدس وكيفيته يحمل فى طياته نزعة ميتافيزيقية واضحة. ففى كتابه "الأنماط السلوكية" (١٩٣٣) ، يقترح "يونج" إتجاهين رئيسيين للشخصية هما : "الإنبساط" و "الإنطواء"، إلى جانب أربع وظائف عقلية هى : "الإحساس" و "التفكير" و "الشعور" و "الحدس" . ومن تفاعل الوظائف العقلية مع الإتجاهين الرئيسيين تنتج ثمانية أنماط سلوكية، يدل كل منها على إتجاه معين ووظيفة عقلية معينة. وبالإضافة إلى ذلك توجد ثلاثة مستويات من الشعور، وهى "الشعور الشخصى" و " اللاشعور الشخصى" و "اللاشعور الجمعى". وبهذه المفاهيم يمكن وصف أوجه النشاط النفسى المختلفة للفرد(٨٣).

ويذهب "يونج" إلى أن "الحدس" كالإحساس ، يُدرك لاشعورياً وبطريقة غير نقدية، ولكنه يدرك الإحتمالات والمبادئ والتضمينات والمواقف ككل على حساب التفصيلات. أى أنه عملية تركيبية وليست تحليلية. وهو وإن كان يتسم بطابع اليقين، إلا أن الوظائف العقلية الأخرى قد تسهم فى تعديله. هذا من جهة ، ومن جهة أخرى تكشف التقسيمات والمفاهيم السابقة عن نمطين مميزين من "الحدس" : نمط إنبساطى ، يدرك مبادئ وإمكانات العالم الخارجى، ويستمد مادته من مجال التجربة الإنسانية الواعية. ونمط إنطوائى

---

(٨٣) د. فؤاد أبوحطب : الحدس من الوجهة السيكولوجية، (مقال بمجلة الفكر المعاصر، العدد (٧٩) ، سبتمبر ١٩٧١)، ص ١٢٤.

يرقى بصاحبه عن معطيات الشعور، ليتبوأ مقعده بين أصحاب الرؤى الكشفية المباشرة(٨٤).

هذا النمط الكشفى وفقاً لـ "يونج" لايمكن أن يستمد مادته من الحياة الشخصية للفرد، أو من الواقع النفسى الماثل للحياة. وبينما كان من المرجح أن يفسر "فرويد" Freud (١٨٥٦-١٩٣٩) هذه المادة بأنها تنشأ عن الطفولة المبكرة ، فقد إفترض "يونج" وجود مستوى أعلى للعقل سماه باللاشعور - أو اللاوعى - الجمعى. وهذا الأخير يشبه من عدة جوانب عالم المثل الأفلاطونى، أو العقل الموضوعى الهيجلى، فهو مصدر إنتاج الصور أو النماذج الأولية Archetypes التى تجلت بأشكال مختلفة فى حضارات مختلفة، وشهدت بوجود مستوى عقلى مُنتج للأسطورة وشائع بين جميع الناس(٨٥).

ويصف "يونج" كيفية القفزات الحدسية من النمط الكشفى بعبارات تذكرنا بـ "إرادة" "شوبنهور" Schopenhauer (١٧٨٨-١٨٦٠). فلقد إعتبر "شوبنهور" أن الأفراد هم تجسيد لإرادة جوهرية كلية تقع خارج نطاق الزمان والمكان. وبنفس المعنى يتحدث "يونج" عن عالم "اللاشعور الجمعى" اللازمكانى . وهو عالم يمارس تأثيره فى الحضارة من خلال تأثيره فى النفس الفردية أو من خلال نفاذه فيها(٨٦). ومن ثم فالفنان الكشفى - ولا فرق بينه وبين العالم المبدع - لايبتكر المادة المعرفية بقدر ما تسيطر هى عليه وتمسك بزمامه. وفى ذلك يقول "يونج" : "حين تهيمن قوة الإبداع يتحكم اللاوعى فى

---

(٨٤) نفس الموضع.
(٨٥) أنطونى ستور : العبقرية والتحليل النفسى، ص ٣٠٣.
(٨٦) نفس المرجع ، ص ص ٣٠٥-٣٠٦.

الحياة ويشكلها أكثر مما تتحكم فيها الإرادة الواعية، وتُدفع الأنا بقوة للسير في مجرى خفي حيث تصبح مجرد شاهد عاجز على الأحداث، ويغدو نمو العمل وتقدمه هو قدر الشاعر وهو الذي يحدد سيكولوجيته. وليس "جوته"* هو الذي يُبدع "فاوست" ، بل إن "فاوست" هو الذي يُبدع "جوته"(٨٧).

ورغم تعدد الدراسات السيكولوجية لظاهرة "الحدس" بعد "يونج" ، إلا أنها جميعاً تؤكد وجود مثل هذا النوع من الرؤى الكشفية المباشرة، التي يصل الإنسان بمقتضاها إلى إستنتاجات صحيحة وواضحة دون أن يستطيع شرح الأسس التي تقوم عليها أو بيان مقدمتها وخطواتها. ويمكن أن نخرج من هذه الدراسات بتعريف عام للحدس بأنه عملية معرفية قبل منطقية Pralogical وبدائية ولاتحليلية ومباشرة. لكنه من جهة أخرى إحدى ملكات الإنسان الفكرية التي تعمل مجتمعة على طريق الكشف العلمي. فلا وجود لملكات أو قدرات عقلية منفصلة ومستقلة عن بعضها البعض(٨٨).

١٥٢- ونجد خطاً موازياً لهذا الخط السيكولوجي في فسيولوجيا المخ والأعصاب، حيث تشير الكشوف الحديثة إلى أننا ننقسم بالفعل إلى شخصين يعيشان داخل رؤوسنا، أو بتعبير أدق، في النصفين الكرويين الأيمن والأيسر

---

* جوهان وولفجانج فون جوته J. W. V. Goethe (١٧٤٩-١٨٣٢) : أديب وشاعر وعالم وفيلسوف ألماني. له عدد من الدراسات العلمية ، منها "تأملات في الطبيعة" و "تحول النباتات" ، فضلا عن دراسته الهامة عن الألوان أو الظواهر الأصلية التي أتمها عام ١٨١٠. أما "فاوست" فهي إحدى أشهر مسرحياته.

(87) Jung, C. G. : Psychology and Literature, Collected works, Vol. (15), London, 1966, P-103.

نقلاً عن المرجع السابق ، ص ٣٠٤.

(٨٨) انظر د. فؤاد أبوحطب: المرجع السابق، ص ص ١٢٤-١٢٧.

من المخ. الشخص الأول يمثله النصف الأيسر الذى يُهيمن على اللغة، ويعمل فـى إطـار الواقـع اليومـى وفقاً لقواعد المنطـق. أمـا الشـخص الثـانى فيقطـن النصف الأيمن، وهو بطبيعتـه " فنان "، يختص بالتذوق، وإستلهـام المواقـف فى جملتها دون النظر إلى تفصيلاتها (٨٩).

ويرتبط نصفا المخ فيما بينهما بمعبر من الألياف العصبية، فأذا إستأصل هذا المعبر، فإن كلاً منهما يستمر فى العمل متنفصلاً عن الآخـر. ومعنـى هـذا أن الكائن الذى تسميه "أنت"- أى ذاتك- يستقر فى النصف الأيسر من مُخـك. وهناك " أنت " أخرى على بُعـد بوصـات قلائـل فـى النصـف الأيمـن، ولكنهـا صامتة. وعندما أُجرى عملية حسابية على الورق، فإننى أستخدم نصف مُخـى الأيسر، مع قسط مُعين من المعونة التى يقدمها النصف الأيمن مـن حيـن إلـى آخـر عـن طريـق الإسـتبصارات المُفاجئـة. ويبـدو أن هـذه بصفـة عامـة هـى الطريقة التى يعمل بها المُخ البشرى : النصف الأيسر هو " الإنسان الأمامى"، الأنا التى تتعامل مع العـالم. والنصـف الأيمـن عليـه أن يُعبّر عـن نفسـه عـن طريق النصف الأيسر ومجمل الأمر أن النصف الأيمن يجد عنـاءً شـديداً فـى أداء وظيفته ، ذلك أن النصف الأيسر فى عجلة دائماً من أمره ولا يكـف أبـداً عن معالجة المشكلات ويميل إلى معاملة النصف الأيمن شئ من نفـاد الصـبر وهذا هو السبب فى أن الإنسان المتحضـر يبـدو أنـه لايملـك مـن "الحـدس" إلا أقله(٩٠).

ومن الأمور ذات الدلالة فى هذا الصـدد أن المـخ الأيسـر لديـه إحسـاس قوى بالزمان على حين أن الأيمن لايملك شيئاً من هذا الإحساس وكـأن العقل

---

(٨٩) كولون ولسون : الزمان نهباً للفوضى، ص ٣٢٢.

(٩٠) نفس المرجع، ص ص ٣٢٢- ٣٢٣.

حين تغشاه لحظات "الحـدس" يستحضر فجأة واقع زمان آخر ومكان آخر يضفى المعنى والقيمة على مدركات العالم الزمكانى المحسوس(٩١).

وأياً كانت ماهية هذا الواقع الآخر، فليس أمامنا إلا أن نسلم بوجوده إزاء تجربة الإستبصار المفاجئ للمخ الأيمن، تلك التى لابد وأن كل فرد منا قد مر بها فى لحظات العزلة والتأمل فإذا ما إعترض أحدهم بأننا نتحدث عن عالم وهمى لايمكن التحقق منه، أحلنا إليه كثرةً من المسميات التى تتحدث عنها النظريات العلمية دون دليل عينى مباشر، اللهم إلا آثارها - كالموجات اللاسلكية، والشحنات الكهربائية ... إلخ - فإذا كان هذا هو حال النظريات العلمية وكائناتها، فلما لا نُسلم بوجود عالم للكليات، ونحن نستشعر آثاره بقوة من حين إلى آخر؟.

يمكننا إذن أن نلخص إلى ماوصلنا إليه فنقول أن للكائنات الرياضية عالمها الخاص والمفارق لعالمى العقل والفيزياء، ونحن نكتشف هذه الكائنات - ولانخترعها - من خلال عملية فكرية متكاملة، يلعب "الحدس" فيها الدور الأكبر، إلى جانب أدوار فرعية لاغنى عنها لكل من الإحساس والإستدلال المنطقى.

ثالثاً: تطابق المتصلين الرياضى والحسى :

١٥٣- الجزء الثالث والمكمل لمشكلة الكائنات الرياضية المجردة، ينحصر فى التساؤل عن العلاقة بين عالمى الكليات والجزئيات: بين المعانى المعقولة فى عالمها المفارق، ومقابلاتها المحسوسة فى عالم الخبرة، وبصفة خاصة، بين المتصل الرياضى كبناءٍ كلى مجرد، والمتصلات الفيزيائية الجزئية.

(٩١) نفس المرجع ، ص ٣٢٦.

يكتسب هذا التساؤل أهميته مما نجده - لو تصفحنا تاريخ العلم - من كشوف وتنبؤات رياضية، تمت فى رحاب العقل الخالص، وبمعزل عن تسجيلات الحواس، ثم غدت واقعاً تجريبياً لاسبيل إلى إنكاره. فهل يتطابق التصور الرياضى حقاً مع الشئ الجزئى المحسوس؟ وإذا كانت هناك بالفعل علاقة تطابق بينهما فكيف يتسنى لنا إستباق المعطيات الحسية بحدوس ذهنية وإستنتاجات منطقية، تصف ماهو قائم بالفعل فى عالم الواقع؟ .

أفلا يعنى ذلك وجود قوة غامضة تقف وراء هذا التطابق وتجعل من الإنسان طرفاً أساسياً فى معادلة الوجود؟.

لاشك أن الإجابة عن هذا التساؤل، لاسيما فيما يتعلق بالإتصال واللاتناهى، تستلزم القيام بتحليلات مسبقة للمتصل الحسى، كيما نكشف عن مدى التطابق بينه وبين المتصل الرياضى. لكن هذه التحليلات -كما أشرنا فى موضع سابق (ف ٤٠) - نادراً ما بوشرت. إما لعدم كفاءة أجهزة القياس، أو لإرتباط الفيلسوف بنظرة مذهبية خاصة ينطلق منها. فلو نظرنا بدايةً إلى أجهزة القياس، لوجدنا أنها قاصرة عن أن تعين بدقة ما تخبرنا به الرياضيات من كميات متصلة أو أطوال ممتدة. فنحن نقول مثلاً أن طول الوتر فى المثلث القائم الزاوية والمتساوى الساقين هو $\sqrt{٢}$ ، ولكن هل نستطيع قياس هذا الطول ($\sqrt{٢}$) كما هو بالفعل؟ لاشك أن الإجابة بالنفى. كذلك الحال بالنسبة لنقاط المكان وآنات الزمان. فالنقطة الفعلية التى نرسمها كمقابل للنقطة الرياضية المجردة، ليست بلا أبعاد، بل إن لها أبعاد يصعب تلاشيها بوسائل الرسم والقياس. وليس بمقدورنا تحديد "آن" زمانى ليقابل عدداً فى متسلسلة الأعداد الحقيقية، لأن تمييزنا الزمانى ليس مكتملاً، وعلى هذا فمن الصعب أن

ننسب إلى معرفتنا بالمكان أو الزمان أى نمط مرتب من متسلسلات الأعداد المتصلة(٩٢).

من جهة أخرى لم تلق مسألة التطابق بين المتصلين الرياضى والحسى أى إهتمام من قبل التجريبين، وهو أمرٌ متوقع إزاء إنكارهم لوجود الكليات، وتعويلهم على الخبرة الحسية كمصدر وحيد للمعرفة الإنسانية. فلقد أنكر "هيوم" مثلاً إمكانية وجود متصل رياضى يتألف من عددٍ لامتناه من العناصر، مستنداً فى ذلك إلى ضعف إمكانات العقل البشرى، فضلاً عن ظواهر الواقع المنفصلة أو المتجاورة تبعاً لتسجيلات الحواس (ف١٢٥). أما "وليم جيمس"، فعلى الرغم من إقراره بوجود متصل زمانى أو مكانى من الإحساسات ، إلا أنه يرفض بشدة أن يكون هناك أى تطابق بينه وبين المتصل الرياضى، فهذا الأخير ماهو إلا تركيب مفاهيمى خالص، ينحل إلى عدد لامتناه من الأجزاء، أو من النقاط الجزئية المتفاضلة، على حين أن المتصل الحسى هو فى جوهره وحدة عضوية كاملة Organic unity ، تُعبر عن تدفق الحياة Living flux أو عن إتصال الصيرورة Becoming ومن ثم فهو تكذيب مستمر لمبادئنا وقواعدنا المنطقية(٩٣).

وكما أشرنا (ف١٤٥) فإن " جيمس " يقترب بهذا التميز من دُعاة النزعة الحيوية المعاصرة بقيادة " برجسون "- والقياس مع الفارق بين المذهبين- حيث وصف "برجسون " عمليات الفهم العقلى والإدراك الحسى بأنها ذات طبيعة سينمائية، تقطتع المناظر الفورية من صيرورة الحركة

---

(92) Lucas : A treatise on Time and Space, OP-Cit, PP. 26-27.

(93) Cassirer, E, : Einstein's theory of relativity, OP-Cit, P-452.

المتدفقة، سعياً لأغراض علمية أو عملية (٩٤)* . وعلى هذا فليس هناك متصل حسى كما ذهب إلى ذلك " جيمس " والتجريبيون ، وليس هناك متصل عددى كما قال الرياضيون، وإنما هناك فقط متصل حيوى أو ميتافيزيقى، لا نصل إليه إلا بالحدس، شريطة أن نتخلى عن مناهج التحليل والتركيب الرياضية، وأن نشعر مباشرة بارتعاشة الحياة فى مجراها (٩٥).

١٥٤- ولعل أبرز تحليل للمتصل الرياضى وعلاقته بمتصل الاحساسات، هو ذلك الذى قدمه " رسل " فى كتابه " معرفتنا بالعالم الخارجى " (١٩١٤). حيث عقد فصلاً تحت عنوان "نظرية الاتصال " ، حاول خلاله تذليل الصعوبات التى تعترض إمكان إنطباق المتصل الرياضى على ما هو قائم من متصلات فى عالم الخبرة، كالزمان والمكان والحركة.

يبدأ "رسل" تحليله بمثال " برجسونى" شهير يجسد تلك الصعوبات، ويكشف فى الوقت ذاته عن زيفها ؛ فلو أنك حركت ذراعك بسرعه من

---

(٩٤) برجسون : التطابق الخالق، ١٧١ .

* يضرب "برجسون "مثالاً لذلك بحركة التطور الإنسانى من الطفولة إلى الشيخوخة، مروراً بفترتى المراهقة والنضج. فهذه المراحل وفقاً للمنهج السينمائى هى ضروب للتوقف العقلى، أو هى مناظر يلتقطها العقل من الخارج . بينما هى فى حقيقتها أجزاء لا تتجزأ من التطور الحيوى، لا تقبل التفكيك. ومن ثم فإذا قلنا أن " الطفل يصبح رجلاً " ، يجب علينا الا نفرط فى التعمق فى المعنى الحرفى لهذا التعبير، لأن الحقيقة الواقعية- وهى الإنتقال من الطفولة إلى سن النضج- تفر حتماً من بين أصابعنا. ولو كانت اللغة تنصب بالفعل من قالب الواقع ، لما قلنا أن " الطفل يصبح رجلاً " ، بل لقلنا أن " هناك صيرورة من الطفل إلى الرجل " . أنظر برجسون : المرجع السابق ، ص ص ٢٧٦ -٢٧٧ .

(٩٥) أندريه كريسون : "برجسون" ، (منشورات عويدات، بيروت ، باريس ، ط ٣ ، ١٩٨٢) .ص ٣٤ .

اليسار إلى اليمين، فسوف يبدو لك انك " ترى " الحركة بأكملها فى الحـال، لا كـأجزاء مـن كـل مركـب كمـا فـى متسلسـلة الأعـداد المتصلـة، وإنمـا كوحـدة عضوية لا تنحل إلى أجزاء. لكنك تعرف من جهة أخرى أن الحركة تبدأ فـى اليسار وتنتهى فـى اليمـين. وأنهـا تمـر خـلال هـذا الفـاصل المتنـاهى بعـدد لا متناهى من النقاط والآنات[٩٦].

هذا المثال فيما يشير "رسـل" ، يكشـف عـن نمطيـن مميزين مـن أنمـاط المعرفة، يؤدى الخلط بينهما إلى إثارة المشكلة، وهما : " المعرفـة المباشـرة " acquaintance و " المعرفة عن " knowledge about . الأولـى هـى تلك المعطاة مباشرة بالإحساس وهى لا تتضمن أى قدر، ولو كان بسيطاً، مـن "المعرفـة عـن "، بمعنـى أنهـا لا تتضمـن معرفـة عـن أى قضيـة بخصـوص الموضوع الذى نعرف بهـا مباشـرة. ومـن ثـم فمن الخطـأ ان نقول أننـا لـو كناعلى معرفة مباشـرة تامـة بـأى موضـوع، فإننـا يجـب أن نعـرف عنـه كـل شئ[٩٧]. إننا فى الواقع نعرف فقط جزءً من الكل كما هو معزول عـن طريـق الإنتباه، كهذه البقعة الجزئية من اللون، والأصوات الجزئيـة، وهكذا ... ، أى أننا نعرف ما يُسميه "رسل" بالمعطيات الحسية Sense-data [٩٨]* .

---

(96) **Russell : Our knowledge of the external worled , OP . Cit , p. 145.**

وقارن أيضاً برجسون : التطور الخالق، ص ٢٢٦.

(97) **Ibid, P-151.**

(٩٨) د. محمد مهران : فلسفة برتراند رسل ، ص ٤٤.

* ينتمى كتاب "معرفتنا بالعالم الخارجى" إلى مرحلة بعينها من مراحل التطور الفكرى لرسل، وهـى تلك الممتدة من عام ١٩١٤ وحتى عام ١٩١٩، حيث كان يُسلم بالثنائية السيكو-فيزيقية، أو بثنائية الفعل الذهنى والموضوع الحسى، ولذا ينبغى أن نفرق هنا مع "رسل" بين =

أما "المعرفة عن" فهى معرفة بالقضايا Propositions ، وهى ليست متضمنة بالضرورة فى "المعرفة المباشرة" بمكونات تلك القضايا، فلأن نعرف مثلاً أن درجتين من لونٍ ما مختلفان، فهى معرفة عنهما، ومن ثم فالمعرفة المباشرة بالدرجتين لاتستلزم بأية وسيلة المعرفة بأنهما مختلفتان(٩٩). بعبارة أخرى، نستطيع القول بأن "المعرفة عن" هى معرفة فرضية، نستدل بموجبها من الإحساس على ما لايقع فى الإحساس. وما لايقع فى الإحساس هو ما يُسميه "رسل" بالمعطيات الحسية الممكنة Sensibilia ، التى هى أوسع فى مدلولها من "المعطيات الحسية". فهذه الأخيرة هى -بمعنى ما- جزء من الأولى. أى أن كل المعطيات الحسية هى معطيات حسية ممكنة، وكل ما هنالك أنها دخلت فى علاقة المعرفة المباشرة فأصبحت مدركة عن طريق عقل ما. ولو صح ذلك لكان فى وسعنا أن نُعّرف المعطيات الحسية بأنها ذلك الجزء من المعطيات الحسية الممكنة الذى أصبح موضوعاً لأعضاء الحس والأعصاب والمخ ، أى أصبح معروفاً معرفة مباشرة (١٠٠).

= "المعرفة المباشرة" أو "الإحساس" بوصفه فعلاً ذهنياً، وبين "المعطى الحسى" بوصفه موضوعاً للإحساس. فالأول "ذهنى" ، تلعب فيه الحالة الذاتية دوراً كبيراً، بينما الثانى فيزيائى، يقف فى مقابل الذات بوصفه الموضوع الخارجى الذى تعيه الذات فى الإحساس. ومن المعروف أن "رسل" قد تخلى عن هذا الرأى بداية من عام١٩١٩، حيث إقتنع بنظرية "الواحدية المحايدة" كما بدت عند "ماخ" و "وليم جيمس".

أنظر : د. محمد مهران: المرجع السابق، ص ص ٤٤-٤٥.

(99) Russell, OP-Cit, P-151.

(١٠٠) د. محمد مهران : المرجع السابق، ص ٤٦.

ولكن ماذا يُفيد هذا التميز بين "المعرفة المباشرة " و " المعرفة عن " ، أو بين " المعطيات الحسية " و " المعطيات الحسية الممكنة " ، فيما يتعلق بمشكلة الاتصال؟.

يشير "رسل" إلى أنه يُفيد فى الإستدلال على تحقيق الاتصال فى العالم المادى حتى ولوكنا لاندرك هذا الاتصال بالإحساس المباشر. ولتفصيل ذلك يطرح " رسل " سؤالين هامين مترابطين، وهما :

١- هل يوجد فى أية واقعة تجريبية فعلية أى سبب كاف للإعتقاد بإتصال الظواهر فى العالم الخارجي ؟ [١٠١].

٢- هل الاستدلال من الحواس على تحقق الاتصال فى العالم الفيزيائى هو إستدلال صحيح؟[١٠٢].

يجيب "رسل " عن السؤال الأول بالنفى، فعلى الرغم من أننا نستطيع القول بأن فرض الاتصال متفق تماماً مع الوقائع ومع المنطق، وأنه أبسط تقنياً من أى فرض أخر، إلا أن قدرتنا على التمييز بين المعطيات الحسية المتقاربة جداً ليست لا متناهية الدقة [١٠٣]. ولنفرض مثلاً أن سطحاً ملوناً تتغير عليه الألوان تدريجياً، فلأنه تدريجى فإن إختلاف اللون فى جزئين متقاربين جداً، لن يكون موضوعاً مباشراً للإدراك الحسى، فى حين أن هذا الإختلاف يمكن إدراكه جيداً، إذا ما كانت الأجزاء منفصلة أو متباعدة[١٠٤]. وهكذا فإن غياب الإدراك فى حالة الإختلافات الذهيدة يُمثل واقعة نفى

---

(101) OP . Cit , p . 150 .
(102) Ibid , pp . 146 - 47 .
(103) Ibid , p . 145.
(104) Ibid, P. 147.

محضة، لأن التغير المحسوس لو كان متصلاً لن يكون مميزاً عما لو كان يحدث بقفزات صغيرة متناهية. ويتبع ذلك أننا لايمكن أن نبرهن بأية بينة تجريبية أن العالم المحسوس متصل، وليس مجموعة من عدد متناه من العناصر المتجاورة(١٠٥).

لكن ذلك لايمنعنا من التسليم بأن المعطيات الحسية لها أجزاء ليست معطيات حسية وأن هذه الأجزاء متصلة(١٠٦). وهو ما ينقلنا إلى السؤال الثانى الذى يلقى جواباً إيجابياً من "رسل". حقاً أن الجسيمات ، والنقاط ، والآنات ، التى تحدثنا عنها الفيزياء ، ليست معطيات مباشرة بل ومن المحتمل ألا تكون أشياء موجودة بالفعل، إلا أن إفتراض وجودها أمر ضرورى للفيزياء ، فضلاً عن أنه يتفق مع الوقائع أكثر من أى فرض آخر. فلو تأملنا مثلاً جسماً متحركاً بسرعة كافية، بحيث تكون حركته مدركة بالحواس ، ثم إزدادت سرعته بحيث لايستطيع الإحساس الواحد أن يحتويها، فسوف نرى بالطبع قدراً متناهياً من الحركة فى لحظة واحدة. لكن هذا القدر الذى نراه فى لحظة واحدة، يختلف عن ذاك الذى نراه فى لحظة أخرى. وهكذا ننتهى رغم كل شئ إلى متسلسلة من الرؤى الخاطفة للجسم المتحرك، وسوف تكون هذه المتسلسلة متصلة، مثل متسلسلة النقاط الفيزيائية الصورية، ومع أن حدود المتسلسلة تبدو فى الواقع مختلفة، إلا أن السمة الرياضية للمتسلسلة تظل ثابتة ، بل ومتطابقة مع متسلسلة الأعداد المتصلة(١٠٧).

---

(105) Ibid, P-155.
(106) Ibid, P-156.
(107) Ibid, P-147.

ويخلص "رسل" من ذلك إلى أن المتصلين الرياضى والفيزيائى متطابقان ولاتعرف هذا التطابق بالإحساس المباشر، بل بالإستدلال مما هو مُعطى فى الإحساس.

فالإتصال إذن فرض" ميتافيزيقى يتفق منطقياً ووقائع العالم الخارجى، ويُشبع حاجات رجل الفيزياء، ومن ثم فهو مصادرة أساسية لأى بحث علمى.

١٥٥- وفيما نلاحظ فإن تحليل "رسل" هذا لايختلف كثيراً عن تحليل "كانط" لنفس المشكلة، فلقد أكد "كانط" على تطابق المتصلين الرياضى والفيزيائى، مستنداً إلى مادعاه بـ "توقعات الإدراك الحسى"(١٠٨). (ف١٥٠)، تلك التى تستند بدورها إلى مبدأ فرعى، يضاف إلى قائمة المقولات الكانطية، ومؤداه أنه" لابد من أن يكون للشئ الواقعى - الذى هو موضوع الإحساس - درجة ما ، أو قدر ما من الشدة "(١٠٩) . بمعنى أن كل معطى حسى ، سواء كان لوناً أو صوتاً أو غير ذلك ، يُخفى وراءه طائفة من المعطيات الحسية المتصلة ، التى يمكن توقعها إنطلاقاً من المعطى الحسى الأول . يقول "كانط " شارحاً ذلك :

" من الممكن أن نتصور بين كل درجة معينة من درجات الضوء والظلام ، وكل درجة من درجات الحرارة والبرودة المطلقة ، وكل درجة من درجات الثقل والخفة المطلقة ، وكل درجة من درجات الملاء فى المكان ، والمكان الخالى على الإطلاق : درجات" أقل . وحتى بين الشعور واللاشعور (الظلام السيكولوجى) يمكن أن توجد درجات أضعف ... فلا يوجد ظلام سيكولوجى إلا ويمكن إعتباره حالة من حالات الشعور، بحيث تكون هناك

---

(108) Collingwood, R. J.: Essay on Metaphysics, OP-Cit, P-258.

(١٠٩) د.زكريا ابراهيم : كانط أو الفلسفة النقدية ص ٩٦.

حالة أخرى أشد منها وأقوى. وهذا يحدث في كل حالات الإحساس ، وهو السبب الذى يجعل الذهن قادراً على أن يسبق الإحساسات ويحدث الكيفية الخاصة بالتمثلات التجريبية (الظواهر) بواسطة هذا المبدأ : "إن كل التمثلات التجريبية (أى واقع الظواهر) لها درجات بغير إستثناء"(١١٠).

من الواضح إذن أن "كانط" و "رسل" يحدثانا عن نفس الشئ، وإن إختلفت المسميات ما بين "معطيات حسية ممكنة" و "متوقعات للإدراك الحسى" . أى أنهما يتفقان فى كون الاتصال فرضاً ميتافيزيقياً ، لايمكن التحقق منه بالإدراك الحسى، لكنه مع ذلك يُطابق وقائعنا الفيزيائية، ويجعل من قيام العلم أمراً ممكناً.

على أن "كانط" و "رسل" ، وإن كانا يؤكدان إنطباق المتصل الرياضى على ظواهر العالم الخارجى لايفسران لنا علة هذا التطابق، أو بعبارة أخرى، هما يفسران لنا التطابق فى حدود الدور الإبستمولوجى للإنسان أى بإعتبار الإنسان طرفاً فعالاً يخلع المعنى على الشئ الجزئى المحسوس، لكنهما لايفسران لنا التطابق بمعزل عن الإنسان ، أى سواء وجد الإنسان أو لم يوجد. وبذلك نعود إلى تساؤلنا الأساسى : إذا كانت الطبيعة تعمل وفقاً لقوانين رياضية وبمعزل عن الإنسان، فأنّى للكائنات الرياضية هذا التطابق مع الواقع المحسوس؟. دعنا نلتمس إذن الإجابة لدى "أفلاطون" وفلاسفة النزعة العقلانية.

١٥٦- تعد نظرية "أفلاطون" عن المثل من أشهر المحاولات التى بذلت فى تاريخ الفلسفة لعلاج مشكلة العلاقة بين المعقولات والمدركات أو بين المعنى الكلى الواحد، والجزئيات المتكثرة فى عالم الفيزياء. ونظراً لصعوبة المشكلة،

---

(١١٠) كانط : مقدمة لكل ميتافيزيقا مقبلة ، فقرة (٢٤)، ص ١١٤.

فقد إقترح "أفلاطون" عبر محاوراته ثلاثة حلول تفسر إنطباق الواحد على الكثرة، وإن كانت جميعاً تفترض وجود قوة إلهية تقف وراء هذا التطابق.

هذه الحلول هي(١١١):-

١- أن الكثرة تشارك Participate على نحو ناقص في الطبيعة التامة لفكرتها (أي لمثالها أو صورتها).

٢- أن الكثرة تحاكي Imitate الواحد .

٣- أن الكثرة هي مزيج Mixture من الحد Limit أي "الفكرة" واللامحدود Unlimited (أي المادة)، بمعنى كمون الصورة في المادة.

ورغم ما يبدو من إختلاف بين هذه الحلول الثلاثة، إلا أنها جميعاً تؤدي إلى نفس المعنى، أو هكذا كانت تبدو في المحاورات المبكرة. والأصل فيها هو تصور "المفارقة" (ف١٤٠). فالقول بأن أي شئ (يشارك) في صورة ما ، أو "يساهم" فيها ، لايعني سوى "الملكية المشتركة". ولكن الفعل "يشارك" له دلالة مزدوجة : دلالة على فعل الإشتراك، ودلالة أخرى هي موضوع الإشتراك . وعلى سبيل المثال ، عندما يُقال بأن "الوردة" تشارك في "الحمرة"، فإن هذا يعني وجود "حمرة" في "الوردة " . ومن ثم تكون الحمرة "كامنة" في "الوردة" . ولكن هذا القول يدل أيضاً على وجود "حمرة " أخرى غير "الحمرة " المشاركة في "الوردة" ، ومن ثم فإنها تكون خارجها ، أو مفارقه لها(١١٢).

من جهة أخرى، إذا قلت بأن الشئ "يحاكي" الصورة، فإن ما تعنيه هو القول بأن الصورة ليست في الشئ، ولكنها خارجه . وإن كان قولك قد تضمن أيضاً القول بوجود شئ مشترك بين الشئ والصورة التي يحاكيها. فلا شئ

---

(111) Runes (ed) : dict- of philo., item:Platonism, P-253.

(١١٢) كولنجوود : فكرة الطبيعة ، ص ٧٢.

يحاكى شيئاً آخر إلا إذا كانت بينهما ناحية مشتركة. وهكذا فكما يتضمن معنى الكمون أو المشاركة القول بالمفارقة، كذلك تتضمن المفارقة أو المحاكاة القول بالكمون(١١٣).

لكن "أفلاطون" إستطاع فى أعماله المتأخرة أن يتجاوز هذا التدخل، وإن يُفرق بوضوح بين التصور المفارق للصورة والتصور الكامن لها، بحيث يحفظ للصورة طابعها الأزلى الإلهى. أما وسيلته فى ذلك، فيمكن أن نوجزها فيما يلى:

الصورة سواء أكانت رياضية أو أخلاقية، إذا فُهمت على أكمل وجه ستبدو مفارقة وليست كامنة. فعندما نصف الصحن بالإستدارة، أو نصف أى فعل بالعدالة، لانعنى إطلاقاً أن الصحن مستدير بصفة مطلقة - أو أن العقل عادل بصفة مطلقة، لأن الإستدارة المطلقة هى صورة مفارقة خالصة، يدركها صانع الخزف الذى يصنع الصحن، ويدركها أيضاً من ينظر إلى الصحن - حيث "يُذكّره" الصحن بالإستدارة فى ذاتها. وفى كلتا الحالتين ثمة إرتباط بين الصحن، وبين الإستدارة الحقة أو المطلقة، لكن هذا الإرتباط ليس كموناً بالمعنى المفهوم سابقاً، لأن الصورة الكامنة فى الشئ الجزئى هى فى الواقع مجرد صورة تقريبية للصورة الحقة المفارقة ، ومن ثم فإن شكل الصحن ليس مثلاً للإستدارة، بل للإستدارة على وجه التقريب(١١٤).

وبنفس المعنى نستطيع القول بأن المتصل الرياضى هو فى ذاته صورة أزلية مفارقة، وأن المتصلات الفيزيائية الجزئية هى فى الأصل مجرد تقريب له، أو إتجاه إليه. ولما كانت الصورة فى ذاتها ثابتة، وليست مصدراً للتغير،

---

(١١٣) نفس المرجع ، ص ٧٣.

(١١٤) نفس المرجع، ص ٨٣.

فلابد إذن من وجود فاعل أو محرك، ليس جزءً من العالم الفيزيائي ، يدفع بالأشياء إلى التمثل بصورها، ويلقي بتلك الصور في عقل الإنسان، دفعاً بالحياة إلى الأمام: إنه الله(115) .

١٥٧- أما فلاسفة النزعة العقلانية في العصر الحديث ، وعلى رأسهم "ديكارت" و"سبينوزا" و "ليبنتز" ، فقد إشتركوا جميعاً في القول بوجود نوع من الوساطة الإلهية بين عالم المعقولات وعالم المدركات ، وهم في ذلك لايبتعدون كثيراً عن الفكرة الأفلاطونية القديمة، وإن كانت هذه الفكرة قد تباينت لديهم بتباين العناصر الأساسية لمذاهبهم الفلسفية. فهذا "ديكارت" مثلاً يذهب إلى أن الله قد خلق العالم وأبدع نظامه بكيفية تجعله قابلاً لأن تنطبق عليه أفكارنا العقلية ، التي مصدرها الحقائق الأبدية النابعة من العقل الإلهي نفسه. الشئ الذي ينحل إلى فكرة أن البنى الرياضية تنطبق على التجربة لأنها من مصدر واحد هو الله(116).

أما "سبينوزا" فنراه يحدثنا عما يمكن تسميته "بالتدين الكوني". فإذا كانت المطابقة تامة بين معاني العقل والموجدات، فليس ذلك إلا تجسيداً للمعنى الذي يمثل الطبيعة وأصلها وهو الجوهر الواحد واللامتناهي، والقائم بذاته في الوجود. أما الأشياء المحسوسة فهي "صفات" لهذا الجوهر، أو هي "حالات جزئية يتجلى فيها الجوهر الواحد(117). ورغم حصول الجوهر اللامتناهي

---

(١١٥) أنظر افلاطون: محاورة فيدون (فى كتاب بنيامين جويت : محاورات افلاطون: أو طفرون -الدفاع - أقريطون، ترجمة د. زكي نجيب محمود، مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر ،القاهرة، ١٩٥٤) ، ص ص ٢٦٢-٢٦٣.

(١١٦) د. محمد عابدالجابرى : تطور الفكر الرياضي، ص ١١٧ & وأيضاً ديكارت : مقال عن المنهج، ص ص ٢٣٠-٢٣١.

(١١٧) يوسف كرم : تاريخ الفلسفة الحديثة ، ص ص ١١٠-١١١.

على ما لايتناهى من الصفات إلا أننا لانعلم منهـا سـوى إثنتيـن، همـا الإمتـداد والفكر. فالأجسام هى أحـوال للإمتـداد، أو هـى أجـزاء مـن الإمتـداد الحقيقـى المعقول ، أما المعانى والبنى الرياضية فهى أحوال للفكر. وما ترتيب المعـانى فى الفكر سوى صورة من ترتيب الأعيان فى الإمتداد، ومن ثم فالتطـابق تـام بين الكل وجزئياته، أو بين المعنى الرياضى ومقابلاته الجزئية(١١٨).

وأما "ليبنتز" فقد رد التطابق بين عالم الحقائق الأزلية وعالم الأشياء إلـى ما أسماه بـ "الإنسجام الأزلى" Pre-established harmony ، الـذى يرتـد بدوره إلى براعة الخلق الإلهى، وقدرة الله اللامحدودة على تنظيم "الجواهـر"، وحفظ التوازن والتوافق بين عوالمها المختلفة(١١٩).

وربما كان هذا الفرض العقلانى، القائل بوجود حقيقة إلهية يرتكز عليهـا العالم، هو أبسط الفروض على الإطلاق، بل لعله أكثرها إقناعـاً للعقل إذا مـا تأمل هذا التوافق بين الفكر والواقع. حقـاً أن معقوليـة العـالم أو قابليتـه للفهـم، تبدو أحياناً كما لو كانت لغزاً غامضـاً، أو - بتعبـير آينشـتين- كمـا لـو كـانت أبعد الأشياء عن الفهم، إلا أن الشئ المؤكد هو أن هنـاك إقتنـاع فطـرى يقـف وراء كل بحـث علمـى، بـأن العـالم "معقـول" يمكـن فهمـه. وهـو إقتنـاع يغلفـه إحساس عميق بوجود عقل أسمى، ساوى منذ الأزل بين طرفى الوجود: عـالم الأفكـار وعـالم الأشـياء - فـى معادلـة تامـة، وأتـاح للإنسـان إستكشـاف تلـك المعادلة عبر مراحل تطوره الحضارى.

---

(١١٨) نفس المرجع ، ص ص ١١٢-١٣.

(119) Runes , OP-Cit, item : Pre-established harmony, P-264.

تعقيب:

١٥٨- حسبنا فى نهاية هذا الفصل أن نعيد بإيجاز تلخيص ما إحتواه من أفكار، ولانزعم بذلك أننا نضع حلولاً أو نتائج ، وإنما هى مجرد آراء، تحتمل القبول وتحتمل الرفض، لكن قبولها من شأنه أن يضع حلاً معقولاً لمشكلة من أصعب مشكلات العلم والفلسفة ، أعنى مشكلة الكائنات الرياضية المجردة. فإذا ما إعترض رافض أو مشكك بأننا ندور فى رحى الميتافيزيقا، أمكننا أن نقول : ومتى كانت النظريات العلمية بعيدة عن الميتافيزيقا؟. أليست هى فى جوهرها مجرد فروض وتأملات، وجدت -أو ما زالت تجد- تحقيقاً لها فى عالم الخبرة.

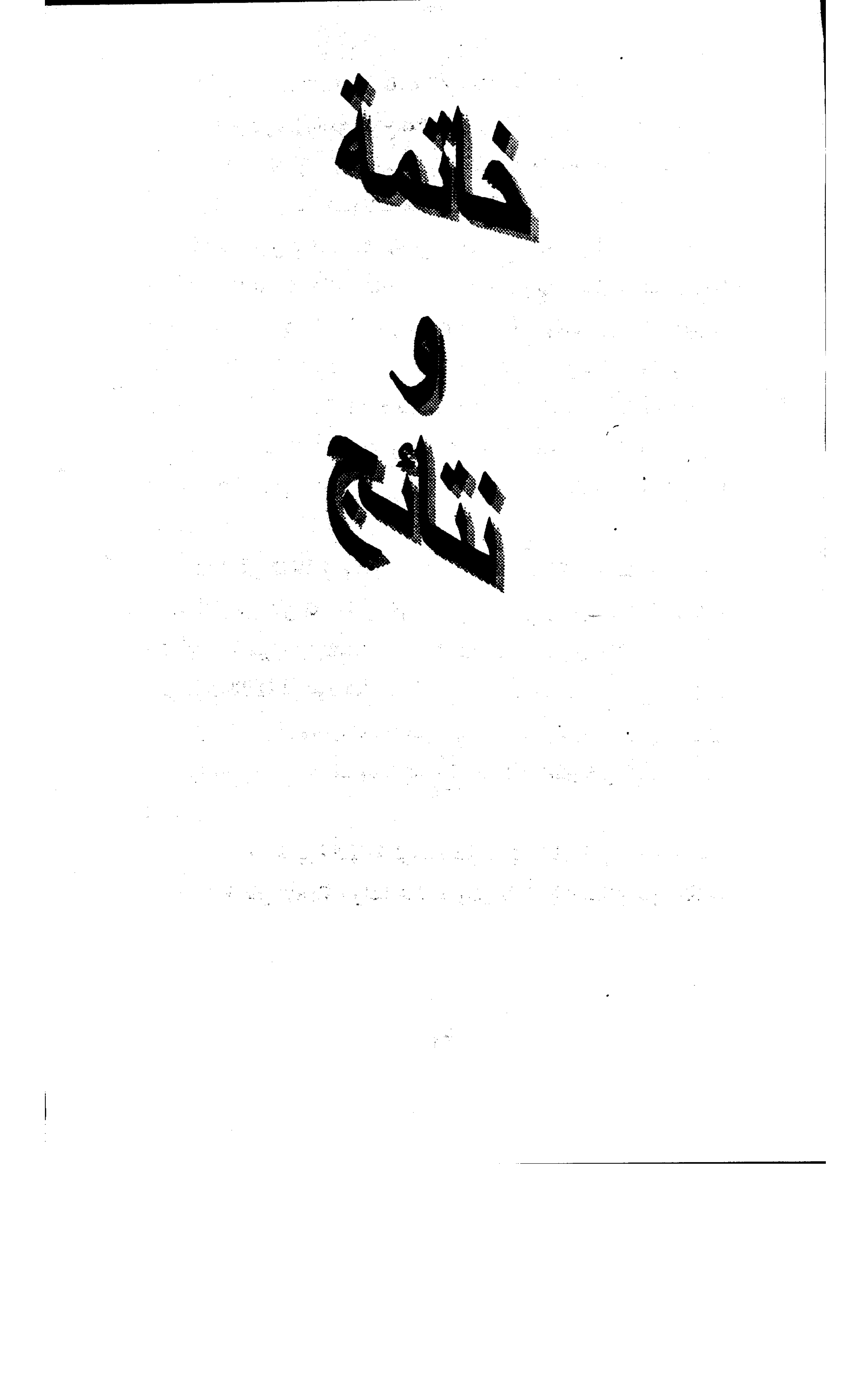
لقد طرحنا فى بداية هذا الفصل عدة تساؤلات، تدور حول ثلاثة أبعاد رئيسة لمشكلتنا، وهى على التوالى: وجود الكائنات الرياضية المجردة، ومنها بصفة خاصة تصور الاتصال واللاتناهى. ثم كيفية معرفتنا بها أو وسيلة الكشف عنها، وأخيراً علاقتها بالجزيئات المتكثرة فى عالم الخبرة. وكانت إجابتنا عن هذه التساؤلات كما يلى:

للكائنات الرياضية المجردة عالمها المفارق والمستقل عن عالمى العقل والفيزياء. ولسنا فى حاجة إلى وصف نوعية هذا العالم، قد يكون هو عالم المثل عند "أفلاطون" ، أو عالم الحقائق الأزلية عند "ليبنتز" ، أو عالم الروح الموضوعى عند "هيجل" ، أو العالم الثالث عند "بوبر" . ولكن أيا كانت نوعية هذا العالم، فلا مناص لنا من أن نسلم بوجوده، وإلا فلنسأل أنفسنا : أو لم تكن الطبيعة تعمل حتى إكتشفنا قوانينها؟ بل أفلا تعمل الطبيعة بقوانين لم نصل إليها بعد؟.

معنـى ذلـك أن الكائنـات الرياضيـة موجـودة ، سـواء أدركناهـا أو لـم ندركها، وأن دورنا إزاءها يتوقف عند حدود الكشف عنها، وهو ما ينقلنا إلى البعد الثانى لمشكلتنا، أعنى التساؤل: كيف نصل إلى الكشف الرياضى؟.

هنـا يدفعنـا تـاريخ الكشـوف الرياضيـة والفيزيائيـة، فضـلاً عـن أبحـاث الفسيولوجيا وعلم النفس فى عالمنا المعاصر، إلى القول بمنهـج أساسـى ، ألا وهو الحدس المباشر، وهو نهج يتفق وقولنا بوجود مستقل للكائنات الرياضيـة خارج العقل الإنسـانى. لكـن ذلـك لايمنعنـا مـن القـول بـأدوار فرعيـة لمنـاهج أخـرى، كـالخبرة الحسية والإستدلال العقلـى المنطقـى. يتوقـف دور الخـبرة الحسية عند بعث النشاط العقلى بما تسجله الحواس، فضلاً عن مرحلة التحقـق التجريبى للكشف الرياضى. أما الإستدلال العقلى المنطقى فقد يسبق الحدس أو يصاحبه أو يأتى لاحقاً عليه، لكن دوره يفوق الدور التسـجيلى للحـواس ، مـن حيث تقييم الرؤية الحدسية وتعديلهـا، أو توسـيع نتائجهـا . ومجمـل القـول فـى ذلك ، أن الكشف الرياضـى عملية معرفية متكاملـة ، تتوزع أدوراهـا مـا بيـن الحدس – كركيزة أساسية ، والخبرة والإستدلال – كفروع ضرورية.

أما البعد الثالث لمشكلتنا ، فقد تساءلنا من خلاله عن سـر التطـابق بيـن المعنى الكلى المجرد – كتصور الاتصال الرياضى، وبين الجزئيات المتكثرة فـى عـالم الخـبرة – كـالمتصلات الواقعيـة المحسوسـة. ولا إجابـة عـن هـذا التساؤل سوى القول بوجود إله قادر ومبدع ، يقف وراء هـذا التطـابق، سـواء وُجدنا نحن أو لم نوجد. فإذا لـم نخـرج مـن هذا الفصـل سـوى بهـذه الفكـرة، فحسبنا بها وكفى.



خاتمة و نتائج

.... إذا كان سمة سؤال يفرض نفسه الأن، فلابد وأنه التالى :

ما الذى خرجنا به من نتائج بعد هذه الرحلة فى دروب الفكر الفلسفى والفيزيائى والرياضى؟ . وهل وصلنا إلى إجابات قاطعة عما تثيره مشكلة الاتصال واللاتناهى من تساؤلات عامة وجزئية ؟؟ .

هنا ينبغى أن نؤكد ما ذكرناه فى البداية ، من أنه ليس ثمة نتيجة نهائية فى العلم، ولا إجابات قاطعة تنأى بنفسها عن صيرورة التعديل أو التأويل. فما أن يركن الإنسان إلى نظرية بعينها، معتقداً بصدقها وصوابها، حتى يُفاجئه العلم بنظرية أخرى جديدة، تنسخ سابقتها أو توسع من مداها. ولا يختلف الحال كثيراً فى الفلسفة، فالمذاهب متعددة ، والآراء متنافرة، وكل كشف علمى، يجر ورائه كثرة من التساؤلات، تُفصح عن حدود هذا الكشف، وتُمهد الطريق لكشف جديد، يحمل فى جُعبته نذراً يسيراً مما تنتظره الفلسفة، وهكذا دواليك.

ولعل من الخطأ إزاء ذلك بناء نظرة فلسفية إنطلاقاً من نتائج مرحلية للعلم، فليس من شأن الفلسفة أن تكون تابعة للعلم، أو أن تكون خادمة له كما أراد لها الوضعيون، بحيث تقتصر وظيفتها على التحليل والتفسير، بل إن أولى مهام الفلسفة أن تقود العلم إلى مسالك جديدة، بما تثيره من مشكلات، وما تقترحه من فروض، تعجز عن تحصيلها الحواس، وإن كانت تشهد بصدقها وضرورتها إذا ما وصلت معطياتها إلى العقل كى يقوم بربطها وتنظيمها.

تلك هى النتيجة النهائية الوحيدة عبر تاريخ العلم، وهى أنه ليس ثمة نتيجة نهائية على الإطلاق، وإنما هناك فروض ميتافيزيقية ينطلق منها العلم،

ويسعى إلى التحقق منها بما يُتاح له من إمكانات. ومـن هـذه الفـروض : مبـدأ الاتصـال .

إن هذا المبدأ الذى نسلم من خلاله بـأن كـل تغيير فـى الطبيعـة لابـد وأن يكون متصلاً، هو من طبيعة الفـروض الفلسـفية التـى لـم تلـق حتـى الآن قبولاً نهائياً تدعمه التجربة. ومع ذلك فهو أحد المبـادئ الأساسـية للعلـم عبر مسيرته الطويلة : منذ أن وقف" نيوتن " حائراً أمام ثنائية "التأثير عن بُعـد " كمعطى حسى، و" إتصال الظواهر والتأثيرات " كمطلب عقلـى، حتـى أعلـن " آينشتين " عن متصل الزمان- مكان الرباعى الأبعاد. ومنذ أن قال " أرسطو " بقابلية المتصل للإنقسام إلى ما لا نهاية- بالقوة لا بافعل، وحتى حدثنا "كانط " و"رسل" عن "متوقعات الإدراك الحسى" و " المعطيات الحسية الممكنة " .

حقاً أن نظرية الكم تقف الآن بالمرصاد لفرض الاتصال، إلا أنهـا لا تختلف من حيث المبدأ عن نظريات العلم السابقة، إذ تنطلق بدورها من فرض ميتافيزيقى لم يثبت تجريبياً بصفـة قاطعـة، هـو فـرض إنفصـال الظـواهـر فـى المجال دون الذرى. إننا لا نرى بالفعل إلكتروناً يقفز مـن مـدار إلـى آخـر ،أو نواة تقفز بمكوناتها، فما هى إلا كلمات ومسميات نفترض وجودهـا كمكمـلات للمعطيات الحسية، مما يدفعنا إلى القول- بلغة كانط- أن نظريـة الكم، شـأنها شأن كافـة نظريات الفيزياء، تتوقع الإدراك الحسى. الإختلاف الوحيد، أنهـا تتوقعـه إنطلاقاً من مبدأ مختلف.

وما دام هذا هو حال النظريات الكبرى فى الفيزياء: تنطلق أصلاً من فروض فلسفية معينة وتقوم على خدمتهـا، فمـن الطبيعـى أن نميـل إلـى قبـول النظرية، ومن ثم الفرض الفلسفى الأكـثر بسـاطة، والأكثر إتفاقـاً مـع الوقـائع

ومع المنطق، والأكثر تحقيقاً لمطالب العقل بشأن السلوك المعرفى للإنسان. وفى هذه الحالة، ترجح بلا شك كفة الاتصال.

فإذا ما وصلنا إلى هذه النتيجة العامة والأساسية، أمكننا صياغة ما يرتبط بها من نتائج دون إتهام بالمصادرة على فرض فلسفى لم يقل العلم فيه كلمته الأخيرة. ونُجمل أهم تلك النتائج فى النقاط التالية :

أولاً : الاتصال فرضٌ ميتافيزيقى بصفة عامة. ومع ذلك يمكن أن نُدرج تحته ثلاثة تصورات أساسية لبنية المتصل، تختلف فيما بينها باختلاف المذاهب الفلسفية، وقد يشترك فى التصور الواحد من هم على إختلاف أيضاً فى التوجهات الأنطولوجية والإبستمولوجية. يقول التصور الأول بأن " المتصل" كلٌ واحدٌ لا يقبل القسمة، ويجمع هذا التصور بين " بارمنيدس " و "زينون " فى الفكر اليونانى القديم، و " برجسون " و " وليم جيمس " فى الفكر المعاصر.

بينما يذهب أنصار التصور الثانى، ومنهم " أرسطو " و "ديكارت"، إلى أن "المتصل " تأليفٌ من أشياء متجانسة، ومن ثم فمن الممكن قسمته إلى ما لا نهاية، دون أن تتوقف القسمة عند عناصر أو أجزاء لا تتجزأ. أما التصور الثالث، فقد تبناه أنصار النزعة الذرية، وبه ينقسم "المتصل " إلى عدد لا متناه من العناصر اللا منقسمة. وليس غريباً أن يتبنى العلم التصور الثالث، سعياً الى فهم العلم وتطويع ظواهره بما هو مُتاح من إمكانات رياضية وفيزيائية. ورغم سيادة هذا التصور وأحقيته المنطقية المنطقية بالقبول ، إلا أن الجدل الفلسفى حول بنية المتصل ما زال قائماً حتى يومنا هذا، وإن كانت له بالطبع آثاره الإيجابية فى دفع مسيرة العلم الرياضى والفيزيائى .

ثانياً: عرف العرب والمسلمون مصطلح الاتصال كمصطلح فنـى، وعنـوا بدراسة ما يثيره من مشكلات علمية وفلسفية قبل أن يتنبه إليه مفكروا أوروبا بسنوات طويلة، وهو ما نجده واضحاً فى كتابات ' ابن سينا ' و ' ابن رشد ' وغيرهما. حقاً أنهم تأثروا فى ذلك بمـا تُرجم عن "أرسطو" من مؤلفات، لا سيما كتابه فى "الطبيعة "، إلا أن شروحهم وتعليقاتهم تؤكد قدرة العقل العربى على الإضافة والتطوير، شريطة أن تتوافر لـه البيئـة الثقافيـة الملائمـة، بكل جوانبها السياسية و الإقتصادية و الإجتماعية.

ثالثاً: تُعد الأفكار الأساسية للفلسفة والعلم، فى صورتها الحديثة والمعاصرة، إنعكاساً مباشراً لأفكار القدماء من فلاسفة اليونـان، وإن إختلفت دوافع القول بها أو طُرق تناولها. تشهد بذلك عدة مقارنات عقدناها فى ثنايا هذا البحث بين هذه وتلك : بين مقولة " بارمنيدس "بأن اللا موجود لا يمكن التفكير فيـه " ، ومقولـة " باركلى بـأن " الـلا مُتعيـن مُمتنـع التصـور" . وبيـن تعريـف " أناكساجوراس " للمادة بأنها " سلسلة متعاقبة من العناصر المترابطـة والقابلـة للإنقسام إلى ما لا نهاية " ، وتعريف " آينشتين " لهـا بأنهـا سلسـلة لا متناهيـة من الحوادث المتداخلة والمتعاقبة " ، . . . إلـخ . ممـا يدفعنـا إلـى القول بـأن إتصال الظواهر فى الطبيعة يُواكبه تواصل لا ينقطع فى الأفكار الإنسـانية. وتلك نتيجة لازمة عن ثبات المشكلات الأساسية فى الفلسـفة والعلم، وتحديهـا للعقل الأنسانى فى كل العصور بنفس القدر تقريباً.

رابعاً: رغـم إختـلاف النزعـة التجريبية المعلنة لنيوتـن عـن نزعـة ليبنتز الميتافيزيقية، إلا أنهما إتفقا فى القول بتحقيق الاتصال فـى الطبيعـة وضـرورة

العلاقة السببية. وكان إكتشافهما لحساب التفاضل والتكامل خطوة واسعة على طريق الفهم الرياضى والفيزيائى للبنية العددية اللامتناهية للمتصل.

وإذا كانت النظريات الفيزيائية فى العصر الحديث قد إصطبغت بصبغة نيوتونية واضحة، إلا أن آراء ليبنتز الميتافيزيقية وجدت مكاناً لها فى قلب العالم المعاصر، لا سيما قوله بذاتية اللا متمايزات ونسبية الزمان والمكان.

خامساً: لعبت إنتقادات " باركلى " الفلسفية- ذات الطابع الدينى – للبنى الرياضية اللا مدركة بالحواس – كالكميات اللا متناهية، دوراً قوياً فى الإنتقال بالرياضيات من مرحلة الوصف العينى للعالم، إلى مرحلة التجريد العقلى المطلق. وبذلك يُعد "باركلى" بنزعته الإسمية واللامادية، ممهداً لأزمة اليقين الرياضى التى كان مبدأ الاتصال محورها الأساسى .

سادساً: يمكن القول بأن علماء التحليل قد نجحوا إلى حدٍ كبير فى تجاوز متناقضات الأعداداللامتناهية ، التى وقفت- لقرون طويلة- حائلاً دون وضع تعريف عددى دقيق للاتصال. وقد تأكد هذا النجاح بعد إكتشاف " كانتور " لنظريته فى المجموعات، وكشفه للخواص غير المألوفة لتلك الأعداد . ومع ذلك لم تخل نظرية " كانتور " تماماً من مفارقات اللاتناهى ، مما ألقى عليها بظلال الشك كقاعدة يقينية للرياضيات بأكملها ، ومهد الطريق لصراع النزعات الثلاث : المنطقية والأكسيوماتيكية والحدسية ، بُغية الإستئثار بالأساس الرياضى الواضح واليقينى. ولا نستطيع الزعم بأن أياً من النزعات الثلاث قد نجحت بمفردها فى حل أزمة الأسس، بل إن لكل منها دور لا يمكن إغفاله فى علاج هذه الأزمة : المنطق بما يتيحه من قوانين أساسية للفكر

وقواعد للإستدلال الصورى الصحيح، والأكسيوماتيك بما يتيحه من بناءات صورية خالصة ومجردة، والحدس بما يتيحه من قدرة على إنتقاء القضايا الأولية الواضحة بذاتها . اليقين الرياضى إذن متعدد الأبعاد، ولكن فى حدود العقل الخالص .

سابعاً: العالم مخلوق، له بداية، ومصيره إلى نهاية. تلك هى النتيجة الفيزيائية الأقرب للقبول بمقتضى القانون الثانى للثرموديناميكا، فضلاً عن نظرية آينشتين فى النسبية العامة. فلقد حدثنا علماء الثرموديناميكا عن " لا إرتدادية العمليات الحرارية " ، وعن " العلاقة اللاتماثلية لآنات المتصل الزمانى"، فإذا ما بلغت " الأنتروبيا " أقصى مقدار لها، فقد وصل الكون إلى حالة الإتزان الحرارى، أو بالأحرى إلى حالة الموت الحرارى، حيث النهاية المنتظرة. أما آينشتين فقد حدثنا عن متصل الزمان- مكان، الكرى المقفل، الآخذ فى التوسع بعد أن بدأ بانفجار عظيم ولما كانت البداية تفترض النهاية، فسوف يستمر التوسع حتى يبلغ الكون نهايته فى الإنسحاق العظيم.لا شك أن هناك فروض أخرى تقول بتذبذب الكون أو إستقراره، أو بدائرية المتصل الزمانى، لكن فرض البداية والنهاية هو أقرب الفروض إلى الفطرة السليمة، وأكثرها أتفاقاً مع الشواهد الفلكية الحاضرة.

ثامناً: القول بضرورة العلاقة السببية يفترض مسبقاً القول بتحقق الاتصال بين حوادث الطبيعة، فلا معنى للزعم بالتسبيب دون فهم لآليات التأثير السببى بين الأسباب ونتائجها، وإلا عُدنا أدراجنا إلى مقولة التأثير عن بعد ، بما تحويه من غموض يخل بالطابع التفسيرى للعلاقة السببية، ولايعنى ذلك أننا نضع العلاقة السببية موضع الشك، طالما ظل مبدأ الاتصال مثار مناقشة بين

العلماء والفلاسفة، بل يعنى فى الحقيقة دعم القول بالاتصال عن طريق إحدى نتائجه المؤكدة، أو شبه المؤكدة، وهى السببية. من جهة أخرى، لانستطيع الزعم بأن القانون السببى قد تراجع أمام سطوة القانون الإحصائى، وإن كثر إستخدام الأخير فى العلم المعاصر، ذلك أن كليهما وجهان لعملة واحدة، تُعبر عن إتصال التسبيب. كل ما فى الأمر أن القانون السببى فرضٌ عقلى محكم، يُواجه الواقع بآلات ومقاييس قاصرة، فيغدو قانوناً إحصائياً. فإذا كان لابد من التفرقة، فمن الأفضل إذن أن نفرق بين قوانين سببية ذات قدرة على التنبؤ التام، وقوانين سببية ذات قدرة على التنبؤ الدقيق، أو بين قوانين تتسم بحتمية مطلقة، وأخرى تتسم بحتمية معتدلة.

تاسعاً: إذا كانت التصورات الرياضية حقائق تجريدية، تتسم بمطابقتها للصدق دون أن تخضع للتكذيب التجريبى، وإذا كانت الطبيعة تعمل منذ الأزل وفقاً لقوانين رياضية، سواء وُجد الإنسان أم لم يوجد، فمن المعقول إذن أن نُسلم بوجود عالم مفارق للكائنات الرياضية، يستقل بذاته عن عالمى العقل والفيزياء. ولاحاجة بنا إلى التساول عن ماهية هذا العالم، فهو خارج عن نطاق الزمان والمكان، وإن كانت آثاره فى العالم الزمكانى تشهد دائماً بوجوده. ويتبع ذلك أننا نكتشف القضايا الرياضية ولانؤلفها، ولاسبيل أمامنا إلى الكشف الرياضى إلا بعملية معرفية متكاملة، يضطلع فيها "الحدس" -أو الرؤية الكلية المباشرة- بالدور الأكبر، مع أدوار فرعية لكل من الخبرة الحسية والإستدلال العقلى المنطقى.

عاشراً: أخيراً يفترض القول بتطابق المتصلين الرياضى والحسى، أو بتوافق التصورات الرياضية المجردة والواقع الفعلى، وجود عقل أسمى يقف وراء

هذا التطابق والتوافق، ويُتيح للإنسان إستكشاف معادلة الوجود، بشقيها المجرد والعينى، عبر مراحل تطوره الحضارى. ومعنى ذلك أن بحوثنا العلمية ليست فى حقيقتها سوى تعقب لإبداعية الخلق الإلهى، وإستكشاف لعظمته اللامتناهية فى الكون المتناهى من حولنا.

وعلى الله قصد السبيل والله أعلم


ثبت مصطلحات



abstraction	تجريد
acceleration	عجلة
accelerator	مُعجل (جهاز لزيادة سرعة الجسيمات المشحونة، ف ٩٨).
accident	عَرَض
acquaintance	معرفة مباشرة
action at a distance	تأثير عن بُعد
analogies of experience	تمثيلات التجربة (كانط)
analogy	تمثيل
analysis	تحليل
anisotropic	متباين الخواص
antimonies of infinity	نقائض اللاتناهي
antimony	نقيضة
appearance	ظاهر
archetypes	النماذج الأولية
argument	حُجة
arithmetic	حساب (علم الحساب)
arithmetization	تحسيب
a. of analysis	تحسيب التحليل
axiom	بديهية
axiomatic	أكسيوماتيك

B

becoming	صيرورة
being	كيان - كائن
belief	إعتقاد
bending	إنحناء
big bang نظرية قال بها الفيزيائى الروسى - الأمريكى "جورج جاموف" لتفسير نشأة الكون. وذهب خلالها إلى أن الكون بدأ بإنفجار عظيم لكرة نارية شديدة الحرارة من المادة والإشعاع. وبهذا الإنفجار بدأ الكون تمدداً لم يتوقف قط-ف١٠٤	الإنفجار العظيم
big contraction فرض فيزيائى فحواه أن القوة الجاذبة المجتمعة للمادة الكونية من شأنها إيقاف التمدد وإرتداده، بحيث يظل الكون إلى الأبد متذبذباً بين إنفجار وإنكماش-ف١٠٤.	الإنكماش العظيم
big crush فرض آخر مؤداه أن إستمرار التمدد دون توقف، مع عدم كفاية المادة الكونية، من شأنه أن يؤدى إلى فناء الكون بالإنسحاق العظيم كما بدأ بالإنفجار العظيم- ف١٠٤.	الإنسحاق العظيم
boundary	نطاق

C

calculus	الحساب التحليلى
c. of classes	حساب الفئات
infinitesimal c.	الحساب التحليلى للانهائى الصغر

integral and differntial c.	حساب التفاضل والتكامل
c. of probabilities	حساب الإحتمالات
propositional c.	حساب القضايا
caloric	السيال الحرارى
category	مقولة
causal	سببى
c. connection	ترابط سببى
c. continuity	إتصال سببى
c. laws	قوانين سببية
c. mechanism	الميكانيكية السببية
c. necessity	ضرورة سببية
c. relation	علاقة سببية
c. series	متسلسلة سببية
causality	السببية
causation	التسبيب
cause	سبب
chain	سلسلة
chance	مصادفة
charge	شحنة
class	فئة
collection	مجموعة
combination	تأليف

common sense	الحس المشترك (الإدراك العام)
compact	ملتحم
c. series	متسلسلة ملتحمة
compactness	الإلتحامية خاصية رياضية تعنى عدم وجود حدود متعاقبة فى أية متسلسلة تامة الترتيب وتطلق على متسلسلة الأعداد المنطقة (الكسور) التى تمثل أدنى رُتبة من رُتب الإتصال - ف٥٨.
complete	تام
concept	تصور
conceptualism	نزعة تصورية
concrete	عينى
condition	شرط
conditional reflex	إنعكاس شرطى
congruence	تطابق
connection	ترابط
constant conjunction	إقتران ثابت
construction	تركيب
content	محتوى
Founded contents	المحتويات البينية (نظرية مينونج)
contiguity	تجاور إحدى الصور الثلاث للعلاقة السببية عند "هيوم" - السبق والتجاور والإقتران الثابت - وبه يُعرف هيوم "السبب" بأنه شيء يسبق شيئاً آخر ويجاوره - ف١٢٥.
contingency	إمكان

continuity	إتصال
causation c.	إتصال التسبيب
continuum	المتصل
Power of c.	قوة المتصل
one-dimensional c.	متصل ذو بُعد واحد
contradictory	تناقض
convergent	متغير
coordinates	إحداثيات
numerical c.	إحداثيات عددية
correspondence	تناظر
one-one c.	تناظر واحد بواحد
one-many c.	تناظر واحد بكثير
many-one c.	تناظر كثير بواحد
counting	العدّ
curve	منحنى
cut	قطع

D

data	معطيات
sence-data	معطيات حسية
deduction	إستنباط

defination	تعريف
degree (s)	رُتبة - رُتب
dense	كثيف
determinism	الحتمية
dichotomy	القسمة الثنائية (حُجة زينون)
diffraction	حيود
direction	إتجاه
discontinuity	اللاإتصال
distance	مسافة
distortion	تشويه
division	قسمة-إنقسام
Doppler effect	تأثير دوبلر . التغير الحادث فى تردد موجة ما بسبب الحركة النسبية بين مصدر الموجة والراصد، والإصطلاح منسوب إلى الفيزيائى النمساوى "كريستيان دوبلر" - ف١٠٤.
duration	ديمومة - دوام

E

effect	نتيجة
electromagnetic	كهرومغناطيسية
empiricism	نزعة تجريبية
empty	فارغ
endless	لانهاية له

energy	طاقة
entropy	أنتروبيا
إصطلاح متـداول فـى علـم الديناميكـا الحراريـة، وقـد إستخدمه لأول مـرة الفيزيـائى الألمـانى "رودلـف كلاوزيوس" كمقياس لمستوى الطاقة فى الكون - ف٨٣.	
equation	معادلة
Schrdinger e.	معادلة شرودنجر
المعادلة الأساسية فى الميكانيكا الموجية. وهى تعبر عن الموجة المنـاظرة كحركـة جُسـيم مـا فـى مجـال قـوة. والمصطلح منسوب إلى الفيزيائى النمسوى "إروين شرودنجر"- ف١١٢.	
wave e.	معادلة موجية مُسمى آخر لمعادلة شرودنجر
equilibrium	إتزان
thermal e.	إتزان حرارى
equivalence	تكافؤ
eternal	أبدى - أزلى
e. recurrence	تكرار أبدى (نظرية نيتشة)
e. truths	حقائق أزلية
ether	أثير
event (s)	حادثة - حوادث
evidence	بينة
evolution	تطور
existence	وجود
experience	خبرة
experiment	تجربة
explanation	تفسير

F

fact (s)	واقعة - وقائع
fiction	وهم
field	مجال
unified f.	المجال الموحد (نظرية آينشتين)
finite	متناه
flux	تدفق مصطلح إستخدمه "برجسون" لوصف المتصل الزمانى الميتافيزيقى المتدفق، وتمييزه عن المتصل الرياضى المؤلف من عناصر -ف٩
fluxions	فروق
form	شكل - صورة
frequency	تردد
threshold f.	تردد المبدى
function	دالة
analytic f.	دالة تحليلية
continuous f.	دالة متصلة
truth f.	دالة الصدق
functional	دالى - وظيفى

G

gab (s)	فجوة - فجوات
Galileo transformations	تحويلات جاليليو
gas discharge	تفريغ غازى
geodesic	جوديسى
geometry	هندسة
absolute g.	هندسة مطلقة
analytic g.	هندسة تحليلية
elliptical g.	هندسة ناقصية
Euclidean g.	هندسة إقليدية
hyperbolic g.	هندسة زائدية
metrical g.	هندسة قياسية (مترية)
non-enclidean g.	هندسة لا إقليدية
projective g.	هندسة إسقاطية
g. of situation	هندسة الوضع
spherical g.	هندسة كروية
gravitation	جاذبية

H

habit	عادة
harmony	إنسجام
pre-established h.	إنسجام أزلى (ليبنتز)
heat death حالة الكون عندما تُستنفد كل أشكال الطاقة الموجودة به بتحولها إلى حرارة متسقة التوزيع ومن ثم إستحالة تحويل الطاقة إلى مشغل ميكانيكى - ف٨٣.	موت حرارى
hereditary	وراثى
higher entropy إصطلاح مقابل لحالة الإتزان الحرارى، حيث يتعادل التبادل الحرارى بين أجزاء الكون، وتصبح كل الأشياء عند درجة حرارة واحدة، وهو مايعنى أيضاً الموت الحرارى - ف٨٣.	أنتروبيا قصوى
homogeneity	تجانس
homogeneous	متجانس
hopothesis	فرض

I

idea	فكرة
ideal	مثل أعلى
identity	ذاتية
immaterialism	لا مادية (مذهب باركلى)
implication	لزوم
impression	إنطباع

impulse	دفع - إندفاع
indefinite	لا محدود
indestructible	لايفنى
	وصف "بارمنيدس" للكون بأنه واحد وسرمدى وأزلى، لايعتريه الفناء، ومن ثم فالزمان والفراغ والحركة والتغير، مجرد أوهام تخدعنا بها الحواس - ف١٥.
indeterminate	لا متعين
	مايقبل أنحاء مختلفة، ويصعب تحديد واحد منها. فالعدد اللامتعين مثلاً هو ما عُرف على أنه عدد، ولكن لم يُعرف بالضبط أى عدد هو - ف٢.
indeterminism	اللاحتمية
individual	فرد
indivisibles	لا منقسمات
	عناصر المتصل الرياضى أو الفيزيائى بوصفها وحدات صلدة لامنقسمة ولا متناهية العدد كالنقاط والآنات والأعداد ... ف١٧.
induction	إستقراء
complete i.	إستقراء تام
mathematical i.	إستقراء رياضى
interia	قصور ذاتى
infinite	لا متناه
infinitely great	لا متناه فى الكبر
infinitely small	لامتناه فى الصغر
infinity	لاتناهى
instability	لا إستقرار
instant	آن

integers	أعداد صحيحة
intensity	شدة
interference	تداخل
interval	فاصل
introspection	إستبطان
intuition	حدس
intuitionism	نزعة حدسية
invisible halo	هالة لامرئية

مجموعة من التأثيرات اللامرئية، الناجمة عن المادة والممتدة خلال المكان بين الأجسام المختلفة. ويرجع المصطلح إلى الفيزيائى الإنجليزى "ميشيل فاراداى"، وقد فتح به الطريق أمام "ماكسويل" ليضع نظريته فى المجال الكهرومغناطيسى - ف٨٩-٩٠.

irreversibility	لا إرتدادية
isotropic	موحد الخواص

G

knowledge	معرفة
k. about	المعرفة عن (رسل)
A posteriori k.	معرفة بعدية
Apriori k.	معرفة قبلية (كانط)
scientific k.	معرفة علمية

L

law	قانون
length	طول - مدى
limit	حد
ideal l.	حد نموذجى
	حد رياضى مفترض، تتجمع عنده الحدود اللامتناهية لمتسلسلة الأعداد المنطقة، ويُعرف بالكم الأصم. ويرجع المصطلح إلى الرياضى الفرنسى "تشارلز ميراى - ف
line	خط
linearity	خطية
	خاصية رياضية تعنى ترابط العناصر المؤلفة للمتصل دون فجوات أو قفزات - ف٧٧، ١٣٤.
logicism	نزعة منطقية
loose	مفكوك
lorentz transformations	تحويلات لورنتز

M

macrocosm	ماكروكوزم (العالم الأكبر)
magnitude	مقدار
meaning	معنى
measurement	قياس
mechanics	ميكانيكا
matrix m.	ميكانيكا المصفوفات

quantum m.	ميكانيكا الكم
wave m.	الميكانيكا الموجية
member	
metamathematics	
metaphenomenal	ميتافينومينولوجى
موضوعات ماوراء الظواهر التى تقطن عالماً مفارقاً وفقاً لنظرية "مينونج" فى المحتويات المبينة – ف١٤١.	
method	منهج
methodology	ميثودولوجيا (عالم مناهج البحث)
microcosm	ميكروكوزم (العالم الأصغر)
microstructure	بنية مجهرية
middle	وسط
m. term	الحد الأوسط
mixture	مزيج
moment	لحظة
momentum	كمية الحركة
monad	موناد
monism	واحدية
neuteral m.	واحدية محايدة
motion	حركة
mover-imnobile	محرك لايتحرك

N

neighbourhood	جوار
next	تال
n. after	ما بعد
n. before	ما قبل
nominalism	نزعة أسمية
notion	مفهوم
number (s)	عدد – أعداد
cardinal n.	أعداد أصلية
complex n.	أعداد مركبة
finite n.	أعداد متناهية
hereditary n.	أعداد وراثية
imaginative n.	أعداد تخيلية
incommensurable n.	أعداد لاقياسية
inductive n.	أعداد إستقرائية
infinite n.	أعداد لامتناهية
irrational n.	أعداد صماء (لامنطقة)
natural n.	أعداد طبيعية
negative n.	أعداد سالبة
non-inductive n.	أعداد لا إستقرائية
ordinal n.	أعداد ترتيبية

positive n.	أعداد موجبة
rational n.	أعداد منطقة
real n.	أعداد حقيقية
reflexive n.	أعداد منعكسة

O

object	موضوع
observation	ملاحظة
occult natures	الطبائع الخفية (بيكون)
opinion	رأى – ظن
opposite	مقابل
orbit	مدار
order	ترتيب
o. types	أنماط الترتيب
origin	أصل
oscillations	ذبذبات

P

pair separation	**إنفصال زوجى**
	علاقة رياضية لترتيب النقاط على الدائرة، طورها الرياضى الإيطالى "جيوفانى فايلاتى" كبديل لعلاقة "قبل-بعد" المستخدمة فى ترتيب النقاط على الخط المستقيم أو المنحنى المفتوح. فإذا كانت أ، ب، حـ، ء أربع نقاط على دائرة ما، أمكننا القول بأن الزوج (أ، حـ) يفصل بين الزوج (ب، ء) ... وهكذا - ف٨٤.
parabola	**قطع مكافئ**
paradoxes	**مفارقات**
parameters	**متغيرات**
hidden p.	متغيرات مستترة
participation	**مشاركة**
	العلاقة بين المثل والموجودات الحسية وفقاً لأفلاطون - ف١٥٦.
particles	**جسيمات**
particular	**جزئى**
perception	**إدراك حسى**
anticipations of p.	توقعات الإدراك الحسى (كانط)
phenomena	**ظاهرة**
photoelectric effect	**تأثير كهروضوئى**
point	**موضع**
plurality	**كثرة**
point	**نقطة**
possibility	**إمكانية**

postulate	مصادرة – مسلمة
power	قوة
pragmatism	نزعة برجمانية
pralogical	قبل منطقى
precedency	سبق زمنى
predicate	محمول
principle	مبدأ
probability	إحتمال
projectile	قذيفة

G

quality	كيف
quantity	كم

R

radiation	إشعاع
thermal r.	إشعاع حرارى
rationalism	نزعة عقلانية
rays	أشعة
realism	نزعة واقعية

reality	واقع
realm	واقع
red shift	زحزحة حمراء
مُسمى آخر لتأثير دوبلر، وتعنى إزاحة الخطوط الطيفية للمجرات البعيدة نحو الطرف الأحمر للطيف -حيث الضوء الأحمر تردده اقل من تردد الألوان الأخرى- مما يعنى تراجع المجرات النائية وإبتعادها عن مجرتنا، وهذه هى البينة المبدئية لإثبات فرض التمدد الكونى - ف١٠٤.	
reflection	إنعكاس
reflexiveness	إنعكاسية
refraction	إنكسار
relation	علاقة
asymmetrical r.	علاقة لا تماثلية
connection r.	علاقة ترابط
transitive r.	علاقة متعدية
relativity	نسبية
rest	سكون
r. energy	طاقة السكون
r. length	طول السكون
reversibility	إرتدادية

S

scalar	لا متجه
segment	قطعة
sensation	إحساس
sensibilia	معطيات حسية ممكنة (رسل)
series	متسلسلة
set	مجموعة
denumerable s.	مجموعة معدودة
empty s.	مجموعة فارغة
nondenumerable s.	مجموعة غير معدودة
null s.	مجموعة صفرية
subset	مجموعة فرعية
sell-orderd s.	مجموعة محكمة الترتيب
similarity	تشابه
simultanenity	تآني
space	مكان
steady-state	حالة مستقرة
subject	ذات
submicroscopic	لا مجهرى
substance	جوهر

sub-stratum	طبقة تحتية
الطبقة الأساسية الممتدة والحاملة للمادة الكونية في متصل الزمان - مكان. وتمثل لها بسطح بالون من المطاط تتناثر عليه نقاط ملونه تمثل المادة، فإذا نُفخ البالون، تمدد السطح وتباعدت النقاط بطريقة متماثلة - ف١٠٤.	
succession	تتالى
sum	حاصل الجمع
superposition	تراكب
syllogism	قياس (منطقى)
system	نظام

T

tensor	كمية ممتدة
theorems	مبرهنات
thermodynamics	ثرموديناميكا (الديناميكا الحرارية)
time	زمان
t. reversal symmetry	تماثل إرتداد الزمان
topology	توبولوجيا
topological feature	سمة توبولوجية
transfinite cardinals	أصليات متصاعدة
الأعداد الأصلية اللامتناهية وفقاً لنظرية "كانتور" في المجموعات، وتبدأ بالعدد (أ.)، وهو العدد الأصلي لمجموعة كل الأعداد الصحيحة الموجبة أو السالبة - ف٦٦.	

transition point.	نقطة الإنتقال
درجة الحرارة التى تنتقل عندها المادة من طور إلى آخر من أطوارها الثلاثة : الصلبة والسائلة والغازية - ف١٣٤.	
type	نمط

U

unchanging	لا يتغير
uncreated	غير مخلوق
unended	لا منتهى
uniformity	إطراد
uniqueness	تفردية
unity	وحدة
organic u.	وحدة عضوية
universal	كلى
unlimited	لا محدود
unproved	لا مبرهن

V

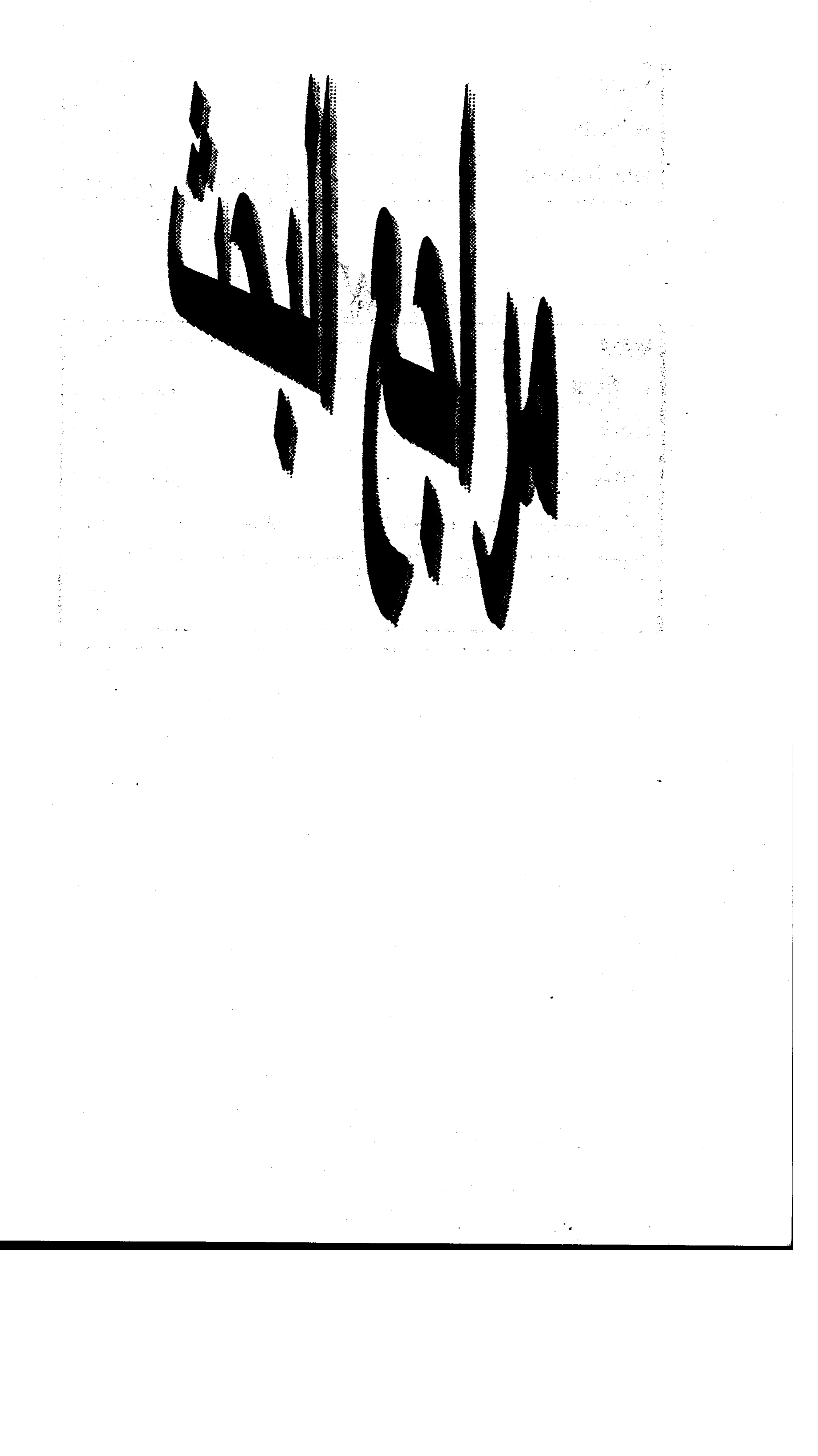
vacuum	فراغ
variable	متغير

vector	متجه
velocity	سرعة
vital balance	رصيد حيوى (وليم جيمس)

W

wave	موجة
w. front	صدر الموجة
work	شغل
world - line	الخط - العالم

تاريخ حياة أى جُسيم فى متصل الزمان - مكان وفقاً للرياضى الروسى "هرمان منكوفسكى". وكان من رايه أن القوانين الفيزيائية يمكن أن تُمثل بالعلاقات القائمة بين خطوط - العالم الخاصة بالجسيمات - ف١٠٠.


مراجع البحث

أولاً: المراجع باللغة العربية (مؤلفة ومترجمة)

١- آرثـر إدنجتـون : *الكون يزداد إتساعاً*، ترجمة د. طلبة السيد عوض & عبدالحميد حمدى مرسى، مراجعة على مصطفى مشرفة، مكتبة النهضة المضرية، القاهرة، ١٩٥٦.

٢- أرسطو : *الطبيعة*، ترجمة إسحق بن حنين، تحقيق د. عبدالرحمن بدوى، ط١، الدار القومية للطباعة والنشر، القاهرة، ١٩٦٥.

٣- ــــــــ : *دعوة للفلسفة (بروتريبتيقوس)*، قدمه للعربية مع تعليقات وشروح د. عبدالغفار مكاوى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧.

٤- ألبرت آينشتين : *النسبية (النظرية الخاصة والعامة)*، ترجمة د. رمسيس شحاتة، مراجعة د. محمد مرسى أحمد، دار نهضة مصر للطباعة والنشر، القاهرة، بدون تاريخ.

٥- ــــــــ : *أفكار وآراء (مجموعة مقالات مجمعة)*، ترجمة د. رمسيس شحاتة، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٦.

٦- ألفريد إير : *المسائل الرئيسية فى الفلسفة* ، ترجمة د. محمود فهمى زيدان، المجلس الأعلى للثقافة، الهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية، القاهرة، ١٩٨٨.

٧- ألسكندرا غيتمانوفا : *علم المنطق*، دار التقدم، موسكو، ١٩٨٩، (لم يرد إسم المترجم).
٨- د. إمام عبدالفتاح إمام : *المنهج الجدلى عند هيجل*، ط٢، دار المعارف، القاهرة، ١٩٨٥.
٩- إمانويل كانط : *مقدمة لكل ميتافيزيقا مقبلة يمكن أن تصير علماً*، ترجمة د. نازلى إسماعيل حسين، مراجعة د. عبدالرحمن بدوى، دار الكتاب العربى للطباعة والنشر، القاهرة، ١٩٦٨.
١٠- أندريه كريسون : *برجسون*، ترجمة نبيه صقر، ط٣، منشورات عويدات، بيروت، باريس، ١٩٨٢.
١١- أندريه لالاند : *العقل والمعايير*، ترجمة د. نظمى لوقا، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٧٩.
١٢- أنطونى ستور : *العبقرية والتحليل النفسى ... فرويد ويونج ومفهوم الشخصية*، فى كتاب بنيلوبى مرى : *العبقرية - تاريخ الفكرة*، ترجمة محمد عبدالواحد محمد، مراجعة د. عبدالغفار مكاوى، سلسلة عالم المعرفة، المجلس الوطنى للثقافة والفنون والآداب، الكويت، العدد (٢٠٨)، أبريل ١٩٩٦.
١٣- إيين نيكلسون : *الزمان المتحول*، فى كتاب كولن ولسون & جون جرانت : *فكرة الزمان عبر التاريخ*، ترجمة فؤاد كامل، مراجعة شوقى جلال، سلسلة عالم المعرفة، العدد (١٥٩)، مارس ١٩٩٢.

١٤- بانيش هوفمان : *قصة الكم المثيرة*، ترجمة د. أحمد مستجير، المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر، القاهرة، بدون تاريخ.

١٥- برتراند رسل : *أصول الرياضيات*، ترجمة د. محمد مرسى أحمد & د. أحمد فؤاد الأهوانى، دار المعارف بمصر، القاهرة، أربعة أجزاء (١٩٥٨-١٩٥٩-١٩٦١-١٩٦٤).

١٦- ــــــــــــ : *ألف باء النسبية*، ترجمة فؤاد كامل، مراجعة د. محمد مرسى أحمد، شركة مركز كتب الشرق الأوسط ومكتبتها، القاهرة، ١٩٧٧.

١٧- ــــــــــــ : *مقدمة للفلسفة الرياضية*، ترجمة د. محمد مرسى أحمد، مراجعة د. أحمد فؤاد الأهوانى، مؤسسة سجل العرب، القاهرة، ١٩٨٠.

١٨- بنيامين جويت : *محاورات أفلاطون (أوطيفرون-الدفاع-أقريطون-فيدون)*، ترجمة د. زكى نجيب محمود، مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر، القاهرة، ١٩٥٤.

١٩- بوشنسكى : *الفلسفة المعاصرة فى أوربا*، ترجمة د. عزت قرنى، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد(١٦٥)، سبتمبر ١٩٩٢.

٢٠- بــول ديفيــز : *مقدمة الترجمة الإنجليزية لكتاب هـايزنبرج: الفيزياء والفلسفة*، ترجمة د. أحمد مستجير، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، ط١، ١٩٩٣.

٢١- بــول مــوى : *المنطق وفلسفة العلوم*، ترجمة د. فؤاد زكريا، دار نهضة مصر، القاهرة، ١٩٧٣.

٢٢- بيسون & أوكونر : *مقدمة فى المنطق الرمزى*، ترجمة د. عبدالفتاح الديدى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧.

٢٣- د. توفيق الطويـل : *فى تراثنا العربى الإسلامى*، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد (٨٧)، مارس ١٩٨٥.

٢٤- تومـاس كــون : *بنية الثورات العلمية*، ترجمة شوقى جلال، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد (١٦٨)، ديسمبر ١٩٩٢.

٢٥- جـورج جامـوف : *بداية بلا نهاية*، ترجمة محمد زاهر، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٩٠. (وللكتاب ترجمة أخرى قام بها إسماعيل حقى تحت عنوان : *واحد .. إثنين .. ثلاثة .. لا نهاية*، مراجعة وتقييم د. محمد مرسى أحمد، النهضة المصرية، القاهرة، ١٩٦٨.

٢٦- جـورج سارتــون : *تاريخ العلم*، تُرجِم بإشراف د. إبراهيم بيومى مدكوروآخرون، الكتاب الأول، *العلم القديم فى العصر الذهبى لليونان*، جـ٣، القرن الرابع،

ترجمة عبدالحميد لطفى، دار المعارف، القاهرة، ط٣، ١٩٧٨.

٢٧- جيمس جينز : *الفيزياء والفلسفة*، ترجمة د. كمال خلايلى، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد (١٣٤)، فبراير ١٩٨٩.

٢٨- روبرت أغروس & جورج ستانسيو : *العلم فى منظوره الجديد*، ترجمة د. كمال خلايلى، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد (١٣٤)، فبراير ١٩٨٩.

٢٩- روبن كولنجوود : *فكرة الطبيعة*، ترجمة د. أحمد حمدى محمود، مراجعة د. توفيق الطويل، الهيئة العامة للكتب والأجهزة العلمية، القاهرة، ١٩٦٨.

٣٠- ريكس وونر : *فلاسفة الإغريق*، ترجمة عبدالحميد سليم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٥.

٣١- رينيه ديكارت : *مقال عن المنهج*، ترجمة محمود محمد الخضيرى، مراجعة وتقديم د. محمد مصطفى حلمى، ط٣، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٥.

٣٢- د. زكريا إبراهيم : *دراسات فى الفلسفة المعاصرة*، مكتبة مصر، القاهرة، ط٢، ١٩٧٢.

٣٣- ـــــــــــــ : *كانط أو الفلسفة النقدية*، مكتبة مصر، القاهرة، ط٢، ١٩٧٢.

٣٤- د. زكى نجيب محمود: *برتراند رسل*، سلسلة نوابغ الفكر الغربى، دار المعارف بمصر، القاهرة، بدون تاريخ.

٣٥- ـــــــــــــ : *نحو فلسفة علمية*، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، ١٩٦٨.

٣٦- طيـــــــــلر : *ارسطو (المعلم الأول)*، ترجمة محمد زكى حسن (نوفل)، مكتبة الخانجى، القاهرة، ١٩٥٤.

٣٧- د.عبدالفتاح الديـــدى: *النفسانية المنطقية عند جون ستيوارت مل*، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٥.

٣٨- د.على سامى النشار وآخرون: *ديموقريطس (فيلسوف الذرة وأثره فى الفكر الفلسفى حتى عصورنا الحديثة)*، الهيئة المصرية العامة للكتاب، منطقة الإسكندرية، ١٩٧٠.

٣٩- د.على عبدالمعطى محمد: *وايتهد (فلسفته وميتافيزيقاه)*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٤.

٤٠- ـــــــــــــ : *تيارات فلسفية حديثة*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٤.

٤١- د. على عبدالمعطى محمد & د. ماهر عبدالقادر محمد : *المنطق الصورى*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٢.

٤٢- فرانكليـــن باومـــر : *الفكر الأوربى الحديث (الإتصـال والتغير فى الأفكار)*، جــ٢، القرن الثامن عشر، ترجمة د. أحمد حمدى محمود، الهيئـة المصريـة العامـة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٨.
٤٣- د. فــؤاد ابوحطـــب : *الحدس مـن الوجهة السيكولوجية*، مجلة الفكر المعاصر، المؤسسة المصريـة العامـة للتـأليف والأنبـاء والنشـر (الـدار المصريـة للتـأليف والترجمة)، القاهرة، العدد(٧٩)، سبتمبر ١٩٧١.
٤٤- فيـــدل ألســـــينا : *التحدى الأكبر*، ترجمة د. صلاح يحياوى، مجلة الثقافة العالمية، المجلس الوطنـى للثقافة والفنـون والآداب، الكويت، العدد (٣٠)، سبتمبر ١٩٨٦.
٤٥- فيرنر هايزنبـــرج : *المشاكل الفلسفية للعلوم النووية*، ترجمة د. أحمـد مستجير، مراجعة د. محمد عبدالمقصود النـادى، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٧٢.
٤٦- ـــــــــــــــ : *الجزء والكل (محاورات فى مضمـار الفيزيـاء الذريـة)*، ترجمـة وتحقيـق محمـد أسـعد عبـد الـرؤوف، تقديـم د. علـى حلمـى موسـى، الهيئـة المصرية العامة للكتاب، القاهرة ١٩٨٦.
٤٧- ـــــــــــــــ : *الفيزيـاء والفلسفة*، ترجمـة د. أحمـد مسـتجير، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، ط١، ١٩٩٣.

٤٨- فيليب فرانك : *فلسفة العلم (الصلة بين الفلسفة والعلم)*، ترجمة د. على على ناصف، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت، ١٩٨٣.

٤٩- قدرى حافظ طوقان : *العلوم عند العرب*، دار إقرأ، بيروت، ط٢، ١٩٨٣.

٥٠- د. كارل ساغان : *الكون*، ترجمة نافع أيوب لبّس، مراجعة محمد كامل عارف، سلسلة عالم المعرفة، الكويت، العدد (١٧٨)، أكتوبر ١٩٩٣.

٥١- كولن ولسون : *الزمان نهباً للفوضى*، فى كتاب كولن ولسون & جون جرانت، فكرة الزمان عبر التاريخ.

٥٢- لانداو وآخرون : *الفيزياء العامة (الميكانيكا والفيزياء الجزيئية)*، ترجمة د. أحمد صادق القرمانى، دار مير للطباعة والنشر، موسكو، ١٩٧٥.

٥٣- د.ماهر عبدالقادر محمد: *مناهج ومشكلات العلوم، "الإستقراء والعلوم الطبيعية"*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ط٢، ١٩٨٢.

٥٤- ـــــــــــــــ : *فلسفة العلوم الطبيعية*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٠.

٥٥- ـــــــــــــــ : *فلسفة العلوم، "المنطق الإستقرائى"*، جـ١، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩١.

٥٦- د. محمد ثابت الفندى : *مع الفيلسوف*، دار نهضة العربية للنشر والتوزيع، بيروت، ١٩٨٠.

٥٧- ــــــــــــــ : *أصـول المنطـق الريـاضى*، دار المعرفـة الاجمعية، الإسكندرية، ١٩٨٧.

٥٨- ــــــــــــــ : *فلسفة الرياضـة*، دار المعرفـة الجامعيـة، الإسكندرية، ١٩٩٠.

٥٩- د.محمد عابد الجابرى: مدخل *إلى فلسفة العلوم*، الجزء الأول : "*تطـور الفكر الرياضى والعقلانية المعاصرة*" ، ط٢، دار الطليعة للطباعة والنشر، بيروت، ١٩٨٢.

٦٠- د. محمـــد عامـــر : "*إنهيـار اليقيـن*"، مجلـة عـالم الفكـر، وزارة الإعلام، الكويت، المجلد العشرون، العدد الرابـع، ١٩٩٠.

٦١- د.محمد عبداللطيف مطلب: *الفلسفة والفيزيـاء*، دار الشـئون الثقافيـة والنشر، بغداد، ١٩٨٥.

٦٢- د. محمـــد على العمر : *مسيرة الفيزياء على الحبل المشـدود بيـن النظريـة والتجربة*، مجلة عـالم الفكـر، المجلـد العشرون، العدد الأول، الكويت، ١٩٨٩.

٦٣- د. محمد محمد قاسم : *كارل بوبر (نظريـة المعرفـة فـى ضـوء المنهـج العلمـى)*، دار المعرفـة الجامعيـة، الإسـكندرية، ١٩٨٦.

٦٤- ــــــــــــــ : *جوتلـوب فريجـه (نظريـة الأعـداد بيـن الإبسـتمولوجيا والأنطولوجيـا)*، دار المعرفــة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩١.

٦٥- ــــــــــــــ : *نظريات المنطق الرمزى (بحث فى الحساب التحليلى والمصطلح)*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية ١٩٩١.

٦٦- ــــــــــــــ : *برتراند رسل (الإستقراء ومصادرات البحث العلمى)*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٦.

٦٧- ــــــــــــــ : *المدخل إلى فلسفة العلوم*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٦.

٦٨- د.محمد مصطفى حلمى: *مقدمة الترجمة العربية لكتاب ديكارت* : مقال عن المنهج.

٦٩- د. محمد مهران : *فلسفة برتراندرسل*، دار المعارف، القاهرة، ط٣، ١٩٨٦.

٧٠- محمود أمين العالم: *فلسفة المصادفة*، دار المعارف بمصر، القاهرة، ١٩٧٠.

٧١- د. محمود رجب : *الميتافيزيقا عند الفلاسفة المعاصرين*، دار المعارف، القاهرة، ط٣، ١٩٨٧.

٧٢- د.محمود فهمى زيدان: *أزمة اليقين فى الرياضيات والمنطق*، مجلة الفكر المعاصر، العدد (٧٩)، القاهرة، سبتمبر ١٩٧١.

٧٣- ــــــــــــــ : *مناهج البحث الفلسفى*، الهيئة المصرية العامة للكتاب، منطقة الإسكندرية، ١٩٧٧.

٧٤- ــــــــــــ : *الإستقراء والمنهج العلمى*، مؤسسة شباب الجامعة، ط٤، الإسكندرية، ١٩٨٠.

٧٥- ــــــــــــ : *من نظريات العلم المعاصر إلى المواقف الفلسفية*، دار النهضة العربية، بيروت، ١٩٨٢.

٧٦- ــــــــــــ : *مناهج البحث فى العلوم الطبيعية المعاصرة*، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٩٠.

٧٧- د.مصطفى النشار : *نظرية المعرفة الأرسطية (دراسة فى منطق المعرفة العلمية عند أرسطو)*، دار المعارف، القاهرة، ١٩٨٦.

٧٨- موريس دوكين : *المادة وضد المادة*، ترجمة د. رمسيس شحاتة، دار المعارف بمصر، القاهرة، ١٩٦٨.

٧٩- ميتشيل ويلسون: *الطاقة*، ترجمة مكرم عطية، مراجعة نزيه الحكيم، دار الترجمة والنشر لشئون البترول، بيروت، ١٩٧١.

٨٠- نوربيرت فينر : *السيبرنتيكا*، ترجمة د. رمسيس شحاته & د. إسحق إبراهيم حنا، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٧٢.

٨١- هانز ريشنباخ: *نشأة الفلسفة العلمية*، ترجمة د. فؤاد زكريا، دار الكتاب العربى، القاهرة، ١٩٦٨.

٨٢- هنرى برجسون : *التطور الخالق*، ترجمة د. محمود قاسم، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٤.

٨٣- د.يمنى طريف الخولى: *العلم والإغتراب والحرية (مقال فى فلسفة العلم من الحتمية إلى اللاحتمية)*، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، ١٩٨٧.

٨٤- يوسف كرم : *تاريخ الفلسفة اليونانية*، ط٥، لجنة التأليف والترجمة والنشر، القاهرة، ١٩٦٦.

٨٥- ـــــــــــ : *تاريخ الفلسفة الأوربية فى العصر الوسيط*، دار القلم، بيروت، بدون تاريخ.

٨٦- ـــــــــــ : *تاريخ الفلسفة الحديثة*، ط٦، دار المعارف، القاهرة، ١٩٧٩.

ثانيا: المعاجم العربية :

١- ابـــن منظـــــور : *لسان العـرب*، دار الكتـاب المصـرى & دار المعارف، القاهرة، المجلد السادس، بدون تاريخ.

٢- أبـى الحسين الحسـينى الجرجـانى: *التعريفـات*، شـركة مكتبـة وطبعـة مصطفى البابى الحلبى وأولاده بمصـر، القـاهرة، ١٩٣٨.

٣- جميـــــل صليبـــا : *المعجم الفلسفى*، دار الكتـاب اللبنـانى، بيروت، ١٩٧٣.

٤- د. عبدالمنعم الحفنـى: *الموسـوعة الفلسفية* ، دار ابـن خلـدون & مكتبـة مدبولى، بيروت، القاهرة، ط١، بدون تاريخ.

٥- مجمـع اللغـة العربيـــة : *المعجـم الوسيط* ، تصديـر د. إبراهيـم بيومـى مدكور، دار المعارف، القاهرة، ط٢، ١٩٧٢.

٦- ــــــــــــــــــ : *المعجم الفلسـفى*، تصديـر د. إبراهيـم بيومـى مدكورن الهيئة العامة لشئون المطـابع الأميريـة، القاهرة، ١٩٨٣م.

٧- ــــــــــــــــــ : معجم *الفيزيقا الحديثة*، تصدير د. إبراهيم بيومـى مدكور، الهيئة العامـة لشئون المطـابع الأميريـة، القاهرة، جـ١، ١٩٨٣، جـ٢، ١٩٨٦.

٨- ــــــــــــــــــ : *المعجـم الوجـيز*، تصديـر د. إبراهيـم بيومـى مدكـور، طبعـة خاصـة بوزارة التربيـة والتعليـم المصرية، القاهرة، ١٩٩٠.

٩- محمد بن أبى بكر الرازى: *مختار الصحاح*، عنى بترتيبه محمود خاطر، دار الحديث، القاهرة، بدون تاريخ.

ثالثا: المراجع باللغة الأجنبية:

1. Ackrill, J. L., "*Aristotle, the philosopher* ", Oxford University Press, London, 1981.
2. Ayer, A. J., "*Philosophy in the twentieth century* ", Unwin paper backs with Port Nicholson Press, London, 1984.
3. Blumenthal, L. M., "*A modern view of geometry* ", Free man, San Francisco, 1961.
4. Bohn, D., " *The special theory of relativity* " W. A. Benjamin, N. Y, 1965.
5. Boltzmann, L., " *Lectures on Gas theory* ", Trans., by S. G. Bruch, University of California Press, Berkeley, 1964.
6. Born, M., " *Natural philosophy of cause and chance* ", Dover publications, Inc. N. Y, 1964.
7. Broad, C. D., " *Ethics and the history of philosophy* ", Routledge and Kegan Paul, London, 1952.
8. Bunge, Mario, "*Causality and modern science* ", third revised ed., Dover publications, Inc. N. Y, 1979.
9. Campbell, N., " *What is science* ", Dover publications, N. Y, 1953.
10. Carr, Brian, " *Metaphysics* ", *An introduction*, Macmillan education LTD, London, 1987.
11. Cassirer, Ernst, " *The problem of knowledge* ", Trans by W. H. Woglon & W. Hendel, Yale University Press, New Haven, 1950.

12. ____________, *"Substance and Function "* & *"Einstein's theory of relativity "*, Both Books bound as one, Dover publications, Inc. N. Y, 1953.
13. Collingwood, R. G., *"An Essay on Metaphysics "*, A Gateway ed., Henry Regnery Co., Chicago, 1972.
14. Crease, R. P.& Mann, C. C., *" The second creation "*, *Makers of the revolution in twentieth century physics,* Macmillan publishing Co., N. Y, 1986.
15. Danto, A., *" Nietzsche as philosopher "* Macmillan publishing Co., N. Y, 1965.
16. Davies, Paul, *" Super force ", The search for a ground unified theory of nature,* Simon & Schuster, Inc. N. Y, 1985.
17. Dubrovsky, David, *"The problem of the ideal "*, Trans. from the Russian by Vladimir Stankevish, Progress publishers, Moscow, 1983.
18. Eddington, A. S., *"The nature of the physical world "*, J. M. Dent & Sons limited, London, 1928.
19. Fraenkel, A. A., *"Set theory "*, in Encyc. of philosophy, Vol(7), PP. 420-427.
20. Graves, J. C., *"The conceptual foundations of contemporay relativity theory "*, Cambridge University Press, Mass, 1971.
21. Hume, D., *"Treatise of Human natural "*, (1739), Oxford University Press, London, 1967.

22. Huntington, E. V., "*The continuum* ", Dover publications, N. Y, 1955.
23. Infeld, L., "*Albert Einstein : His work and its influence on our world* ", Scribner's, N. Y, 1950.
24. Jacob, F., "*The possible and the actual* ", University of Washington Press, Seattle and London, 1982.
25. Jastrow, R., "*God and the Astronomers* ", Norton, N. Y, 1978.
26. Kneale, W., "*Probability and induction* ", Oxford University Press, London, 1949.
27. Korner, S., "*Continuity* ", in Encyc. of philosophy, Vol(2), PP. 205-207.
28. Lucas, J. R., " *A Treatise on Time and Space* ", Methuen & Co. LTD, London, 1973.
29. ___________, "*Space , Time, and Causality* ", The Clarendon Press, Oxford, 1984.
30. Marcuse, H., "*Reason and revolution* ", *Hegel and the rise of social theory,* Humanities Press, Atlantic Highlands, N. J, 1983.
31. ___________, "*Negations* ", *Essays in critical theory,* Trans from the German by jeremy j. Shapiro, Free association books, London, 1988.
32. McCall, Storrs, "*A model of the universe* ", Clarendon Press, Oxford, 1994.
33. Meserve, B. E., "*Fundamental concepts of geometry* ", Reading Press, Mass, 1955.

34. Morris, R., "*Dismantling the universe* ", *The nature of scientific discovery,* Simon & Schuster Inc. N. Y, 1983.
35. Negel, Ernest, "*Teleology revisited and other essays in the philosophy and history of science,* Columbia University Press, N. Y, 1979.
36. Parson, C., "*Foundations of Mathematics* ", in Encyc. of philosophy, Vol(5), PP. 188-213.
37. Plank, M., "*The philosophy of physics* ", Trans. by W. H. johnson, George Allen & Unwin LTD., London, 1936.
38. Purcell, E. M., "*Electricity and Magnetism* ", Physics course 2, Berkeley, N. Y, 1965.
39. Raymond, M. S., "*Continuum Problem* ", in Encyc. of philo. Vol(2), PP. 207-212.
40. Robert, B. L. & Matthew Sands (ed), "*Feymman Lectures* ", Addison-wesley, Mass, 1963.
41. Robert, J. A., "*Data, instruments, and theory* ", *A dialectical approach to understanding science,* Princeton University Press, N. J, 1985.
42. Russell, B., "*A critical exposition of the philosophy of leibniz* ", George Allen & Unwin, London, 1937.
43. __________ , "*My philosophy development* ", George Allen & Unwin, London, 1959.
44. __________ , "*Logic and knowledge* ", *Essays 1901-1950,* ed, by R. C. March, Unwin Hyman Limited, London, 1988.

45. __________, " *Our knowledge of the external world* ", Routledge Inc. London and N. Y, 1993.

46. Schlegel, R., "*The problem of infinite matter in steady-state cosmology* ", in philo. of science jaurnal, St Catherine Press, Belgium, Vol(32), Nr. (1), January, 1965, PP. 21-31.

47. Schrodinger, E., "*Science and hamanism* ", Cambridge University Press, Mass, 1951.

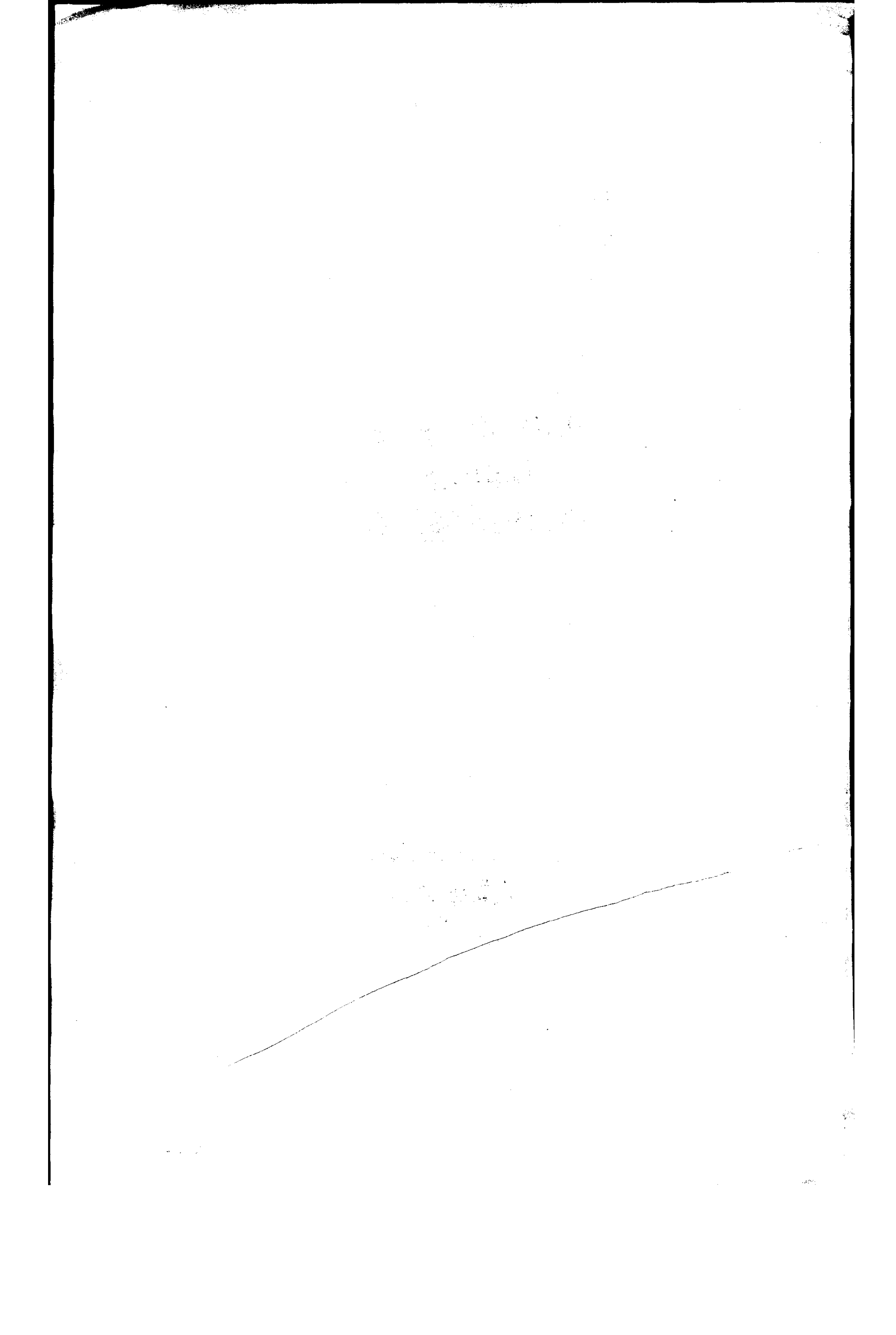
48. Smart, J. C., "*Between science and philosophy, Randon House, N. Y, 1968.*

49. Van Frassen, "*An introduction to the philo. of Time and Space* ", Columbia University Press, N. Y, 1985.

50. Vlastos, Gregory, " *Zeno of Elea* ", in Encyc. of philosophy, Vol(8), PP. 369-379.

رابعاً: المعاجم الأجنبية :

1. Academician G. S. Landsberg (ed), "*Text book of elementary physics*", Trans. from Russian by A. Troitsky, Mirr bub., Moscow, 1972.
2. Britannica, " *the new encyclopedia Britannica* ", Micropedia, London, 1986.
3. Edwards, P., (editor-in-Chief), "*The encyclopedia of philosophy*", Macmillan publishing Co., Inc. the Free Press, N. Y, 1967, Reprint ed. ,1972.
4. Runes (ed), "*Dictionary of philosophy* ", A Helix book, published by Rowman & Allanheld publishers, Totowa, N. J, 1984.
5. Webster's third, "*New international dictionary of the English language*", Unabrideged, by Marrian Webster, Inc. N. Y, 1981.
6. *Webster's encyclopedia unabrideged dictionary of the English language,* portland house, N. Y, 1983.



الرقم الدولى: ٩٨/١١٨٩١
I.S.B.N
977-03-0508-8

مطبعة نور الاسلام
الحضرة الجديدة
الاسكندرية